



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
DEPARTAMENTO DE PRODUÇÃO DE ANIMAL**

LARISSA KIANA SANTOS AZEVEDO MARTINS

**EFEITOS DA MANIPULAÇÃO TÉRMICA DURANTE A INCUBAÇÃO SOBRE O
DESEMPENHO DAS AVES**

**SALVADOR
2014**

LARISSA KIANA SANTOS AZEVEDO MARTINS

**EFEITOS DA MANIPULAÇÃO TÉRMICA DURANTE A INCUBAÇÃO SOBRE O
DESEMPENHO DAS AVES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal da Bahia, como requisito parcial para a obtenção do grau de Zootecnista.

Orientadora: Prof^ª Dr^ª Vanessa Michalsky Barbosa

Salvador
Semestre 2/2014

LARISSA KIANA SANTOS AZEVEDO MARTINS

**EFEITOS DA MANIPULAÇÃO TÉRMICA DURANTE A INCUBAÇÃO SOBRE
O DESEMPENHO DAS AVES**

DECLARAÇÃO DE ISENÇÃO DE RESPONSABILIDADE

Declaro, para todos os devidos fins de direito e que se fizerem necessários, que isento completamente a Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal da Bahia, a coordenação da disciplina MEVA99 - Trabalho de Conclusão de Curso e os professores indicados para compor o ato de defesa, de toda e qualquer responsabilidade, pelo conteúdo e ideias expressas no presente trabalho de Conclusão de Curso.

Estou ciente de que poderei responder administrativa, civil e criminalmente em caso plágio comprovado.

Salvador, 05 de dezembro de 2014

Assinatura por extenso: *Larissa Kiana Santos Azevedo Martins*

TERMO DE APROVAÇÃO

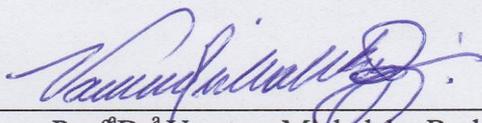
LARISSA KIANA SANTOS AZEVEDO MARTINS

EFEITOS DA MANIPULAÇÃO TÉRMICA DURANTE A INCUBAÇÃO SOBRE O DESEMPENHO DAS AVES

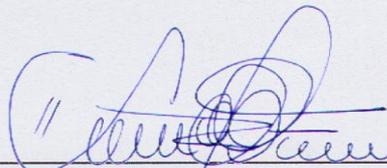
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção do grau de Zootecnista, na Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal da Bahia.

Aprovado em 05 de Dezembro de 2014

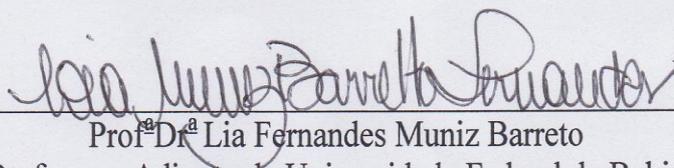
Banca Examinadora:



Prof^aDr^a Vanessa Michalsky Barbosa
Professora Adjunto da Universidade Federal da Bahia
Orientadora



Prof^aDr^a Juliana Cantos Faveri
Professora Adjunto da Universidade Federal da Bahia



Prof^aDr^a Lia Fernandes Muniz Barreto
Professora Adjunto da Universidade Federal da Bahia

Dedico esse trabalho a minha querida avó, *in memoriam*, que por maior que seja a distância entre os nossos universos, sempre esteve e estará ao meu lado.

Dedico com todo o meu amor!

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus por todas as oportunidades que me foram concebidas durante toda à minha vida e que sem ele jamais encontraria forças para vencer nos momentos mais difíceis.

Aos meus pais, Jussara Azevedo e José Carlos, por serem a minha base de inspiração e estarem sempre comigo mesmo com toda a distância, que tornam nossos dias mais sofridos com a saudade, por me ensinarem a ser sempre uma pessoa melhor, agradeço com a mais profunda admiração amor e respeito.

Ao meu querido Nilton Vasques, pelo amor, amizade, companheirismo, carinho, compreensão, dedicação, por me aturar em todos os momentos de estresse, e por me amar do jeito que sou.

À minha orientadora Prof^a Vanessa Michalsky que foi mais que um mestre, foi minha inspiração e incentivo durante esses últimos três anos. Quero agradecer imensuravelmente pelo carinho, ajuda, confiança, amizade e por sempre ter acreditado em mim.

Ao meu irmãozinho Anderson, por sempre alegrar a minha vida, pelas palavras mais sinceras, pela compreensão durante a falta de convivência e por ser minha eterna criança.

À toda minha família, meus tios, primos e padrinhos que direta ou indiretamente, estiveram sempre torcendo pelo meu sucesso.

Às minhas duas irmãs, que Deus me presenteou durante essa minha jornada em Salvador, Deicy Magalhães e Priscila Costa, sem vocês duas jamais saberia o que é ter uma irmã de verdade. Obrigada pelo carinho, convivência, companhia, confiança, pelas inúmeras ligações de saudades, apoio, pelos momentos mais felizes e triste que passamos. Com certeza, sem vocês duas, minha vida não teria sido à mesma coisa.

Aos meus grandes amigos Carine, Isabela Claudia, Jamile Alves, Priscila Maia, Patrícia Dutra, Tatiana Cortez, Taiana Cortez, Marcos Fiuza, Sylvania Dourado, que eu pude ter a honra de conviver durante esses 5 anos e que me ensinaram que amigo não é colega e sim o membro da família por passa mais tempo com você do que seus próprios pais. Obrigada por todos os momentos de diversão, conselhos, ajuda e principalmente por serem quem são.

Ao meus amigos do curso de inglês, Vitor e Jefferson pela força durante todos os dias de aflição, por me escutar e me aturar nos momentos de estresse.

À todos os professores da Universidade Federal da Bahia, que contribuíram com o meu desenvolvimento durante esses 5 anos de faculdade.

Obrigada!

Kiana Santos Azevedo Martins, Larissa. **Efeitos da manipulação térmica durante a incubação sobre o desempenho das aves.** Salvador, Bahia, 2014. Trabalho de Conclusão de Curso. Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal da Bahia, 2014.

RESUMO

A presente revisão teve o objetivo de estudar o efeito da manipulação térmica durante a incubação, por meio de exposição à diferentes variações de temperatura (aquecimento ou resfriamento) em embriões de aves, sobre a capacidade dos animais em adquirir termotolerância durante a exposição ao estresse térmico do meio ambiente, no período pós eclosão. Uma das principais preocupações na produção animal é como manter ou melhorar o desempenho em climas quentes pois as variações de temperatura do meio ambiente podem acarretar prejuízos às aves. Altas temperaturas fazem com que as aves reduzam a ingestão de alimentos prejudicando o desempenho zootécnico. A manipulação térmica ao calor ou frio tem sido sugerida como uma ferramenta eficiente para melhorar a aquisição de termotolerância durante a vida pós natal. Nos últimos anos, estudos apontam que o período final do processo de incubação (16° ao 21° dia) é o momento mais apropriado para realizar as modificações na temperatura de incubação, fazendo com que as modificações epigenéticas tenham efeitos duradouro. Nesta fase, o sistema termorregulatório e os sistemas adaptativos encontram-se melhor desenvolvidos, reduzindo a ocorrência de efeitos colaterais causados pelas manipulações de temperatura. Em várias pesquisas, foram observados melhor desempenho das aves, maior peso ao nascimento, melhor conversão alimentar, maior robustez, além de apresentarem melhor respostas às variações de temperatura ambiental. Porém nestes estudos, os tratamentos de temperatura aplicados aos ovos consideram apenas a temperatura da máquina de incubação, sendo necessários aprofundamento nesta área, com pesquisas que controlem a temperatura efetiva do embrião, para constatar e aprimorar esta técnica de manejo.

Palavras-Chaves: 1.Incubação. 2. Temperatura. 3. Embrião

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	Formação estrutural do ovo de galinha fertilizado.....	15
Figura 2 -	Processo de divisões celulares do ovo de aves domesticas.....	15
Figura 3 -	Processo de gastrulação nas aves.....	17
Figura 4 -	Embrião de galinha e seus anexos embrionários.....	19
Quadro 1 -	Etapas do desenvolvimento embrionário	20
Desenho esquemático 1 -	Interação entre ambiente e frango de corte.....	26
Figura 5 -	Influência do aquecimento (38,5°C) e resfriamento (35,5°C) sobre o fluxo sanguíneo da membrana corioalantóide de embriões de galinha (15 a 21 dias).....	30
Figura 6 -	Influência do aumento da temperatura de incubação (temperatura ambiente - Ta) sobre o decurso da temperatura do corpo (Tc) e do fluxo sanguíneo na membrana corioalantóide (FLUX) após bicagem interna.....	30
Figura 7 -	Mecanismos de regulação do eixo-HPT e HPA do frango.....	32
Figura 8 -	Variações da temperatura corporal de um animal homeotérmico em função da temperatura ambiente.....	35
Figura 9 -	Resposta das aves ao estresse calórico.....	36
Figura 10 -	Indução epigenética perinatal por fatores ambientais durante o "período crítico" de desenvolvimento precoce.....	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Resultados de um experimento de desempenho. Dos dias 1 a 17, todos os ovos foram incubados em temperaturas normais (37,2 – 37,4 °C). Do dia 18 até a eclosão, os ovos foram incubados em três programas diferentes de temperatura: 37,2 – 37,4 ° (controle), 1°C acima do padrão (38,2 – 38,4, incubação quente crônica) e 1 °C acima do padrão por 2 horas por dia (estimulação quente de curto prazo).....	40
Tabela 2 -	Resultado de um experimento de incubação com 1897 ovos eclodidos.....	41
Tabela 3 -	Parâmetro de ovos submetidos a temperaturas alta e baixa a partir do 16º dia de incubação.....	42
Tabela 4 -	Percentual de eclodibilidade, peso e temperatura do neonato (TCN), peso vivo do frango de corte aos 28 e 42 dias originado de embriões submetidos a diferentes períodos de manipulações térmicas (39.5°C) e controle (37.8°C).....	43
Tabela 5 -	Influência da manipulação térmica no embrião sobre o peso vivo (g) em diferentes idades dos frangos de corte.....	43
Tabela 6 -	O efeito do desafio térmico a 35 dias de idade sobre a temperatura corporal (TC) e taxa de mortalidade de machos e fêmeas de frangos de corte submetidos a manipulação térmica (39,5°C e 65% UR) de forma contínua (tratamento 24h) ou intermitentemente (tratamento 12h) durante a embriogênese.....	44
Tabela 7 -	O efeito do desafio térmico a 35 dias de idade sobre as concentrações da tiróide e de corticosterona no plasma em frangos de corte machos (M) e fêmeas (F) sujeitos a manipulação térmica (39,5°C e 65% UR) durante a embriogênese.....	45

LISTA DE ABREVIATURAS

ACTH	Hormônio Adrenocorticotrófico
CO ₂	Dióxido de carbono
°C	Graus Celsius
CMT	Com manipulação térmica
CRH	Hormônio liberador de corticotrófina
H ₂ CO ₃	Ácido carbônico
H ⁺	Hidrogênio
HPT	Hipotálamo – Pituitária – Tiróide
HPA	Hipotálamo – Pituitária – Adrenal
HCO ₃ ⁻	Íon bicarbonato
MT	Manipulação térmica
SNC	Sistema Nervoso Central
SNP	Sistema Nervoso Periférico
T3	Triiodotironina
T4	Tiroxina
TRH	Hormônio liberador de tireotrofina
TSH	Hormônio estimulante da tireoide
UR	Umidade relativa

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	12
2.	REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1	Desenvolvimento embrionário de <i>Gallus gallus domesticus</i>	13
2.1.1	Desenvolvimento embrionário pré-postura.....	13
2.1.2	Desenvolvimento embrionário durante a incubação.....	16
2.2	Sistema termorregulatório das aves.....	25
2.2.1	Mecanismos fisiológicos da termorregulação.....	27
2.2.2	Estresse por calor.....	33
2.3	Manipulação térmica durante a embriogênese.....	37
3.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	46
4.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS	47

1. INTRODUÇÃO

A avicultura Brasileira destaca-se no mercado internacional de carnes. O país ocupa desde 2004 a liderança na exportação de carne de frango. De acordo com dados da União Brasileira de Avicultura (UBABEF), em 2013 o Brasil foi o terceiro maior produtor mundial de carne de frango, produzindo um total de 12,3 milhões de toneladas.

Mesmo neste cenário próspero, um dos principais fatores que apresenta grande impacto para a queda de desempenho das aves de criação industrial é o estresse pelo calor. Devido à seleção genética das aves para o rápido crescimento, o frango de corte tem encontrado dificuldades em responder positivamente quando estão submetidos a ambientes extremos, principalmente a uma ampla variação de temperatura (YAHAV, 2004). Sabe-se que no mundo grande parte da população de frangos de corte se concentra nos trópicos (BALNAVE, 2004), afetando a criação das aves nesses locais (ABU-DIEYEH, 2007).

Para maximizar a atividade sem alterar os custos, faz-se necessário a utilização de técnicas que melhorem a qualidade dos pintos e o desempenho dos frangos nestas regiões de clima predominantemente quente. Diante disso, a manipulação térmica de pintos durante o desenvolvimento embrionário objetiva aumentar a termotolerância de aves expostas ao calor em períodos subsequentes.

Diversos estudos apontam a utilização da manipulação térmica como método promissor para aquisição de resistência ao calor em frangos de corte. Durante os períodos críticos da incubação, fatores ambientais, especialmente a temperatura de incubação, podem influenciar o desenvolvimento embrionário com efeitos duradouros sobre os parâmetros de desempenho, como: maior eclodibilidade, aumento do peso ao abate, maior proporção de machos em relação a fêmeas e melhor conversão alimentar.

De acordo com Tzschentke e Tatge (2013), o reconhecimento do momento ideal para a estimulação térmica (“Treinamento Térmico”) durante a incubação, demanda um profundo entendimento das fases de desenvolvimento embrionário e do sistema termorregulatório de aves domésticas.

Nesta revisão, objetivou-se estudar os fatores que envolvem a manipulação térmica durante a embriogênese e seus efeitos sobre os parâmetros de incubação e o desempenho pós-eclosão.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Desenvolvimento embrionário de *Gallus gallus domesticus*

2.1.1 Desenvolvimento embrionário pré-postura

Na cadeia avícola atual, em que se exige da ave o máximo de desempenho e rendimento, é fundamental o foco no processo de incubação artificial. Mesmo considerando toda a especialização pertinente a esta área, para executar com êxito a tarefa de transformar com qualidade o ovo em um pinto de 1 dia, torna-se necessário conhecer as etapas do desenvolvimento do embrião e sua relação com às condições de incubação, tanto para a realização de embriodiagnóstico e ações corretivas, como para garantir a manipulação adequadas visando maximizar a atividade.

De acordo com Barbosa (2011), a formação completa do pintainho requer aproximadamente 22 dias, sendo 1 dia na galinha (formação das estruturas do ovo) e aproximadamente 21 dias na incubação. Na galinha, a fertilização do óvulo ocorre na porção superior do infundíbulo e todo o processo de ovulação e formação do ovo demora cerca de 24 horas e 30 minutos aproximadamente (FIUZA et al., 2006).

Conforme Cesario (2013), após a fecundação, o ovo formado é classificado como telolécito completo, ou megalécito, formando um pequeno disco de citoplasma sobrenadando na grande quantidade de vitelo amarelo (Figura 1). O vitelo é uma reserva nutritiva oferecendo suporte ao embrião durante todo o período da embriogênese e ao pinto, nas primeiras horas pós-nascimento.

Após a passagem pelo infundíbulo, o ovo que encontra-se em formação, é encaminhado para o magno, onde ocorre a formação do albume, percorrendo nessa fase cerca de 3 horas (BARBOSA e BAIÃO, 2011). O albume por sua vez, tem como função principal distribuir água, minerais e proteínas para suprir as necessidades do embrião durante o período do seu desenvolvimento (EVERAERT e DECUYPERE, 2013).

Ao deixar o magno, o ovo em construção vai para o istmo, a antepenúltima região do aparelho reprodutor. Nessa região o albume é recoberto por fibras que se entrecruzam e formam as membranas interna e externa da casca. Nesta região também são adicionados proteí-

nas ao albume e uma pequena quantidade de água (LILLIE, 1952). No momento em que o ovo entra no istmo, o novo zigoto, resultante do processo da fecundação, inicia sua primeira clivagem, dando origem a duas células filhas. No centro do disco germinativo, surge o primeiro sulco de clivagem, e posteriormente, as células dividem-se novamente em quatro células. Ainda no istmo se dá uma terceira divisão, totalizando oito células (EYAL-GILADI e KOCHAV, 1976).

Segundo Moraes et al. (2012), dentro do útero, o ovo recebe uma massa viscosa, secretada pela mucosa do órgão. Tal massa é a base para a formação da casca e se solidifica após ser impregnada por cristais de carbono e cálcio. Essa é a etapa mais longa do processo, com o ovo ficando no útero por cerca de 20 horas. Nessa fase o embrião já se encontra no estágio de 16 células ou blastômeros, nomeado como mórula (CESARIO, 2013).

Barbosa (2011) descreveu que as células continuam dividindo-se na região do útero até atingirem 256 células, sendo nesta fase denominados de blastômeros, projetando um pequeno disco, localizado no pólo animal. Com a finalização das clivagens, dar-se-á o aparecimento de uma cavidade rasa, chamada de blastocele, formada por meio do desprendimento do vitelo pelos blastômeros.

Pesquisadores como Patten (1950); Hamburger e Hamilton (1951); Barbosa (2011) e Cesario (2013) relatam que, após a formação da blastocele, o ovo em desenvolvimento passa para o estágio de blástula, através do processo de blastulação (ocorrendo durante a passagem do ovo na vagina e cloaca) e; nesta fase, o blastodisco passa a se chamar de blastoderma. A área marginal do blastoderma, na qual as células permanecem aderidas à gema, denomina-se zona de junção. Esta área mais periférica das células blastodérmicas constituem a área opaca e a região central do blastoderma corresponde à área pelúcida (SELLIER et al., 2006).

Antes da postura, o ovo permanece na temperatura de 40°C e 41°C aproximadamente, que é a temperatura média interna da galinha. O blastoderma começa a se diferenciar em duas camadas germinativas, e nesta fase encontra-se em estágio de pré-gástrula. Depois da postura, o ovo é mantido em uma faixa de temperatura abaixo do “zero fisiológico”, que é considerado uma faixa de temperatura média de 21 a 24°C, na qual o desenvolvimento embrionário é paralisado (CESARIO, 2013).



Figura 1- Formação estrutural do ovo de galinha fertilizado.

Fonte: Adaptado de Veríssimo (1999).

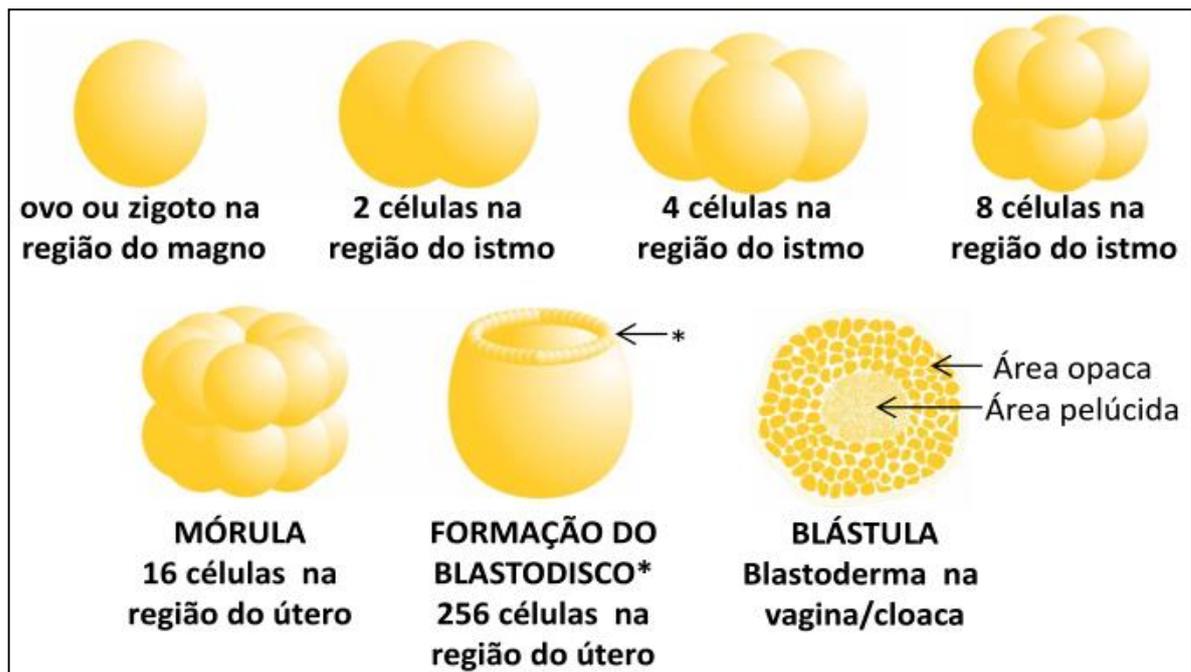


Figura 2 - Processo de divisões celulares do ovo de aves domésticas.

Fonte: Barbosa (2011)

2.1.2 Desenvolvimento embrionário durante a incubação

Everaert e Decuypere (2013) afirmam que, o ovo quando submetido em condições de incubação, ou seja, nas temperaturas médias de 37,5 a 37.8°C, umidade relativa média de 55 %, viragem e ventilação adequadas, há uma retomada do desenvolvimento do embrião, e sua formação completa se dará em aproximadamente 504 horas (\pm 21 dias).

A gastrulação tem continuidade logo após as primeiras horas de incubação, que resulta numa intensa migração de células mesodérmicas através da linha primária, tornando-se uma estrutura evidente e característica do processo de gastrulação de mamíferos, répteis e aves (BALINSKI, 1981). Descrita por Hamburger e Hamilton (1951) e citado por Barbosa (2011), a gastrulação é definida por um espessamento da região posterior da área pelúcida. Segundo os autores, nas primeiras 7 horas de incubação, este espessamento desenvolve-se rapidamente em um sulco que se entende desde a área opaca até o centro da área pelúcida. Este sulco, depois de 10 a 12 horas, é delimitado por duas linhas paralelas, que constitui o início da linha primitiva.

O aparecimento da linha primitiva, define o eixo anteroposterior do embrião, sendo que o desenvolvimento do mesmo, dá-se no momento anterior a ela. A sua extremidade posterior é chamada de placa primitiva e a região mais compacta na extremidade do sulco é o nó primitivo ou o nó de Hensen (BARBOSA, 2011).

À medida que a linha primitiva cresce, ela dá origem ao mesoderme entre o hipoblasto e o epiblasto. Dessa forma, os folhetos formados tornam-se aparentes e podem ser denominados agora de ectoderme, mesoderme e endoderme (CESARIO, 2013).

Conforme Patten (1950), a partir do nó de Hensen, as células deslocam-se adiante sob a camada superficial em direção a região cefálica. Assim forma-se o processo cefálico ou notocordal, sendo o eixo de sustentação do embrião ou corda dorsal embrionária (Figura 3).

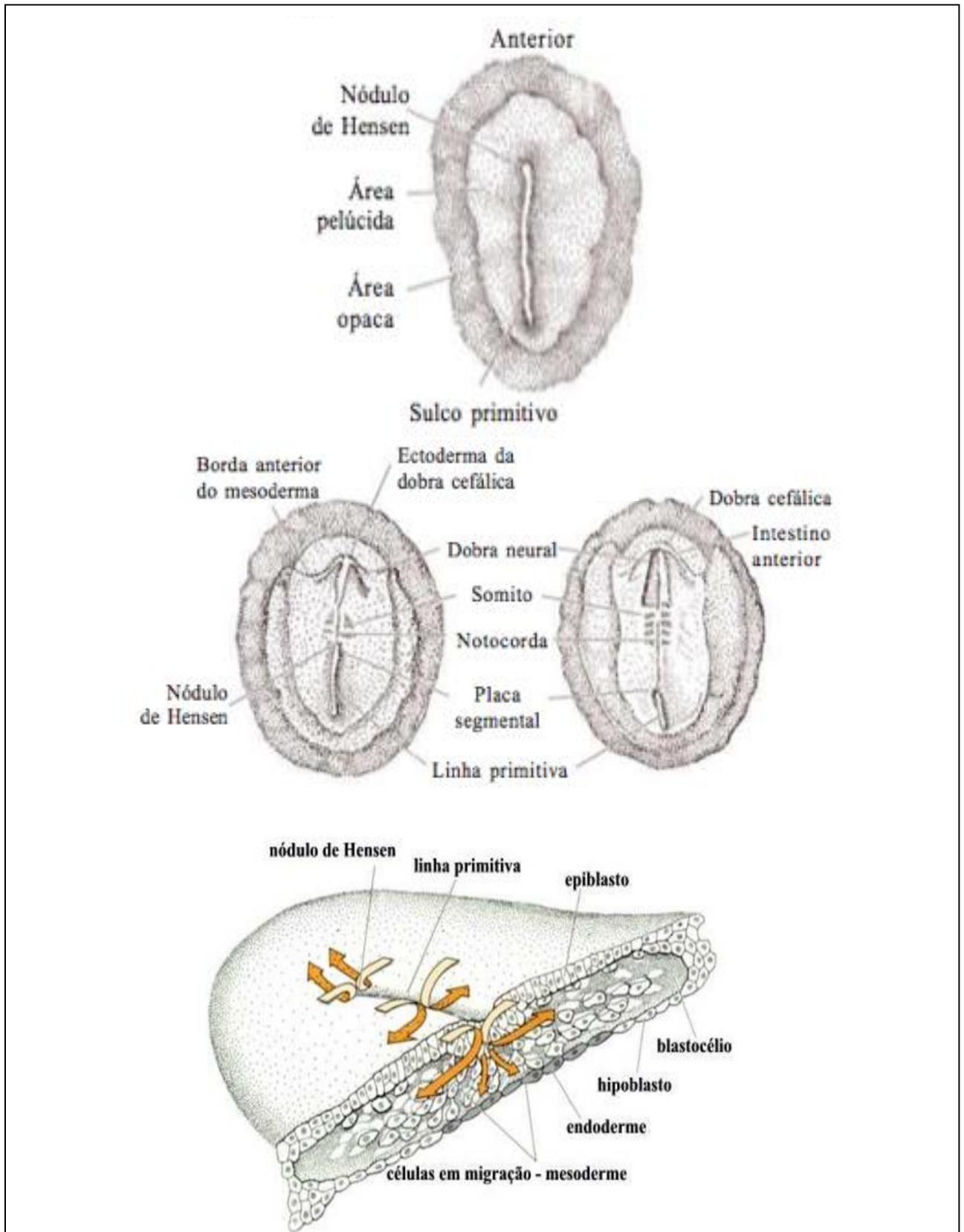


Figura 3 - Processo de gastrulação nas aves.

Fonte: Adaptado de Gilbert (2006); Everaert e Decuypere (2013).

O prolongamento dos três folhetos germinativos, determina a formação dos anexos embrionários: saco vitelínico, alantóide, âmnio e córion. Além disso, estas células germinativas dão origens aos vários órgãos ou sistemas do embrião (Figura 4).

O saco vitelino é formado com a combinação do endoderme com o mesoderme esplâncnico, estendendo-se periféricamente do embrião para a área extraembrionária, envolvendo o material vitelino sobre o qual o blastodisco está em repouso (CESARIO, 2013). Vieira e Pophal (2000) descrevem que a principal função do saco vitelino é fornecer e armazenar reservas nutritivas para o desenvolvimento embrionário, e que esse material possui alta composição em gordura e proteína (em torno de 50% de cada na matéria seca), aos quais são absorvidos pelo embrião durante o desenvolvimento inicial por meio da área vascular da membrana vitelina.

De acordo Patten, (1950), o alantóide aparece no final do terceiro dia de incubação. Este anexo surge como um divertículo da parede ventral do intestino posterior, que forma-se atrás do pedículo vitelínico. Desenvolve-se rapidamente no quarto dia de incubação, ocupando toda a cavidade extraembrionária. O alantóide possui diversas funções importantes, como por exemplo: a formação da membrana corioalantóide através da fusão com o córion, que proporcionará as trocas respiratórias através dos poros da membrana da casca. A proximidade da membrana corioalantóide com a casca, permite, através da circulação alantoidea, a absorção de uma parte dos sais de cálcio, que será usado para a constituição do esqueleto embrionário e, além disso, torna a casca mais frágil e fina, facilitando a eclosão do pintainho no estágio final da incubação (CESARIO, 2013).

O alantóide também tem como função a estocagem das substâncias excretadas pelos rins durante o desenvolvimento embrionário através da vesícula alantóidea e, por fim, funciona como um órgão de absorção dos componentes do albúmen (BARBOSA, 2011).

CESARIO (2013) descreve que o córion é uma membrana fina que envolve os outros anexos embrionários. Sua formação ocorre sob a metade externa das dobras amnióticas, composto de ectoderme e mesoderme somático. O córion junta-se com o alantóide para formar a membrana alantocórion ou corioalantoide, responsável pela troca de gases entre o embrião e o meio ambiente.

A formação do âmnio começa a partir das primeiras 33 horas de incubação, por uma dobra que começa a partir do blastodisco na região cefálica (prega amniótica cefálica). Posteriormente outra prega desenvolve-se de modo similar, na região posterior do embrião deno-

minando-se de prega amniótica caudal. Com a fusão dessas duas pregas amnióticas, delimitam a bolsa amniótica (CESARIO, 2013). O âmnio é um bolsa que envolve completamente o embrião, delimitando-o num compartimento denominado cavidade amniótica, que contém um líquido salino (líquido amniótico). Esse conjunto estrutural, mantém a umidade do embrião, previne aderências através da movimentação da cavidade amniótica, além de protegê-lo do meio externo (BARBOSA, 2011).

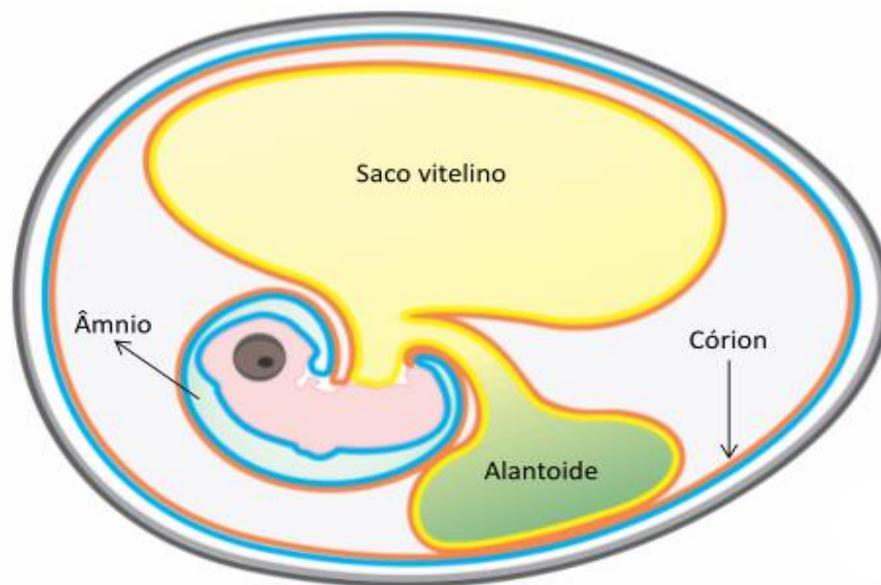


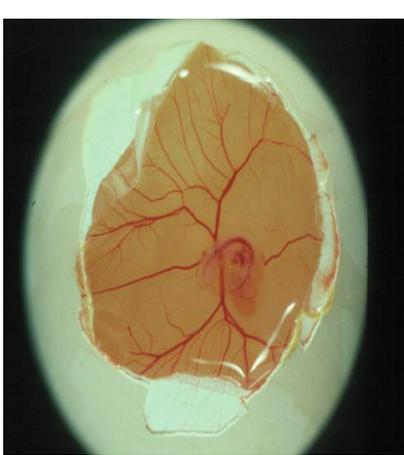
Figura 4 - Embrião de galinha e seus anexos embrionários.

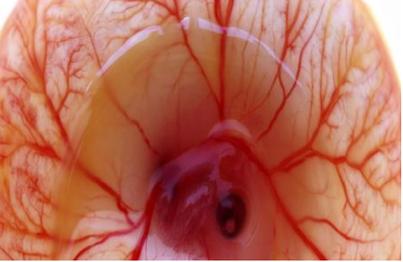
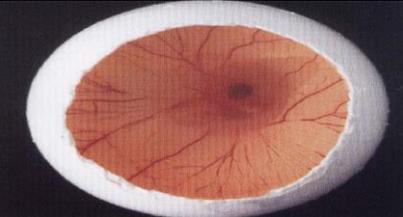
Fonte: Barbosa (2011).

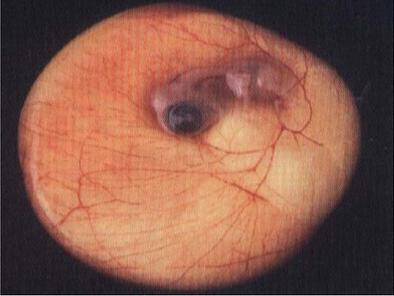
Ao completar aproximadamente 20 dias de incubação, o pintainho já desenvolvido, rompe a membrana interna e começa a iniciar a transição da respiração corioalantóide para pulmonar por meio da câmara de ar que está localizada na parte interna superior mais oval do ovo. A medida que o pintainho começar a usar seus próprios pulmões, o alantóide começa a secar. Quando o ar contido na câmara de ar cessa, o pinto começa a bicagem externa. Com a ajuda da estrutura córnea afiada no bico superior denominado de dente do bico ou diamante, e os músculos na parte de trás do pescoço, o pintinho corta a casca até a sua cabeça ficar exposta. Aos 21 dias de incubação, o pintainho chuta livremente a parte inferior da casca com as patas para finalmente emergir (ROMANOFF, 1960; CESARIO, 2013).

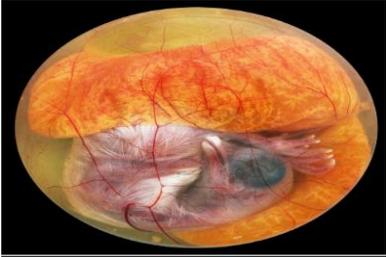
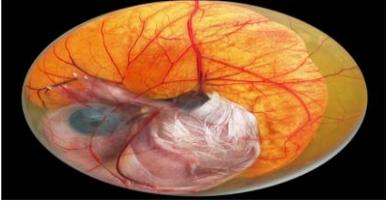
O quadro 1 mostra as etapas o desenvolvimento embrionário evidenciando os processos fisiológicos de acordo com a fase de incubação.

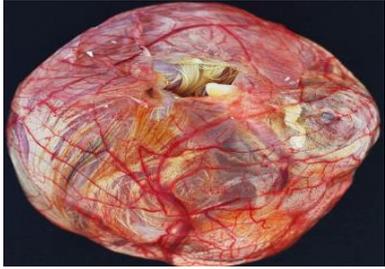
Quadro 1- Etapas do desenvolvimento embrionário.

Fases	Processos Fisiológicos	Imagens
24 horas de incubação	<ul style="list-style-type: none"> - Início da linha primitiva e do nó de Hensen - Formação do sistema nervoso central - Formação das ilhotas sanguíneas - Formação do trato intestinal - Processo cefálico está presente - Formação dos somitos 	 <p>Fonte: Brake et al. (2011)</p>
36 horas de incubação	<ul style="list-style-type: none"> - Desenvolvimento dos ductos néfricos - Aparecimento das ilhotas de sangue - Formação dos vasos sanguíneos - Diferenciação dos primórdios da tireóide - Inicia-se a síntese de hemoglobina - Vesículas ópticas estão presentes 	 <p>Fonte: Brake et al. (2011)</p>
48 horas de incubação	<ul style="list-style-type: none"> - Formação das vesícula cerebrais e auditivas - Inicia-se a formação da neurohipófise - Completa-se a formação da bolsa amniótica - A bolsa de Rathke está diferenciada - Primórdios do fígado aparecem - Desenvolvimento do sistema circulatório 	 <p>Fonte: Brake et al. (2011)</p>
72 horas de incubação	<ul style="list-style-type: none"> - Expansão da área vasculosa - Formação do âmnion e córion - Diferenciação dos Primórdios do pâncreas e pulmão. - Ductos néfricos unem-se com a cloaca - Formação do sistema urinário - Formação dos arcos aórticos - Indício de cauda evidente - Formação do cálice óptico e lentes oculares - Batimentos cardíacos visíveis a olho nu - São detectados os primeiros movimentos 	 <p>Fonte: Brake et al. (2011)</p>

Fases	Processos Fisiológicos	Imagens
4º dia de Incubação	<ul style="list-style-type: none"> - Grande expansão da área vascular - Olho torna-se pigmentado - Embrião parece em formato de C - Completa formação das membranas extraembrionárias - Inicia a síntese de insulina, estrogênio e estradiol - Diferenciação dos primórdios gonadais - Formação da língua e do papo 	 <p>Fonte: Barbosa e Fernandes (2011)</p>
5º dia de incubação	<ul style="list-style-type: none"> - Fusão da alantóide com o córion, originando a membrana corioalantoide - Formação do proventrículo e moela - Baço diferenciado e olho bem pigmentado - Formação dos órgãos reprodutivos - Hemoglobina é sintetizada - Inicia a síntese de corticosteróides - Duodeno, primórdios do timo e bursa de Fabrícus começam a se diferenciar - Botões dos membros superiores e inferiores estão mais distintos - Primeiros movimentos da boca 	 <p>Fonte: Barbosa e Fernandes (2011)</p>  <p>Fonte: Brake et al. (2011)</p>
6º dia de incubação	<ul style="list-style-type: none"> - Os primeiros reflexos são estabelecidos - Membros superiores e inferiores completam sua formação - Formação do bico - O coração está fora da cavidade torácica 	 <p>Fonte: Brake et al. (2011)</p>
7º dia de incubação	<ul style="list-style-type: none"> - Primeiros movimentos dos membros - Começa a diferenciação dos sacos aéreos - Inicia-se a diferenciação sexual - O coração está dentro do corpo do embrião 	 <p>Fonte: Brake et al. (2011)</p>

Fases	Processos Fisiológicos	Imagens
8º dia de incubação	<ul style="list-style-type: none"> - Indivíduo completamente formado - Primeiros movimentos do globo ocular - Início da mineralização óssea - Aparecimento do dente do ovo na parte superior do bico - Folículos das penas visíveis - Asas e pés diferenciados 	 <p>Fonte: Brake et al. (2011)</p>
9º dia de incubação	<ul style="list-style-type: none"> - A abertura do bico está diferenciada e o mesmo aumenta de comprimento - Membrana corioalantóide ocupa grande parte do ovo - Começa a atividade hematopoiética do osso medular 	 <p>Fonte: Brake et al. (2011)</p>
10º dia de incubação	<ul style="list-style-type: none"> - Processo do endurecimento do bico e calcificação do esqueleto - Inicia a secreção de tiroxina, TSH e paratormônio - Primórdios das unhas e cristais - Poros da pele estão evidentes 	 <p>Fonte: Brake et al. (2011)</p>
11º dia de incubação	<ul style="list-style-type: none"> - Penugem afilada ao longo das asas, costas e cauda - Crista mais proeminente e metanefros iniciam sua função - Rápido crescimento do embrião e processo acelerado de calcificação do esqueleto 	 <p>Fonte: Brake et al. (2011)</p>
12º dia de incubação	<ul style="list-style-type: none"> - Corioalantóide envolve o conteúdo do ovo - Absorção do cálcio por meio da casca e embebição do líquido amniótico pelo embrião - Ocorre intensa utilização do albume - Empenamento formado é visível 	 <p>Fonte: Barbosa e Fernandes (2011)</p>

Fases	Processos Fisiológicos	Imagens
13º dia de incubação	<ul style="list-style-type: none"> - Mandíbula e maxilar cornificados - Conexões seroamnióticas rompem-se - Neurohipófise torna-se ativa - Aumenta o transporte de lipídeos pelo saco vitelino - Formam-se escamas nas canelas e unhas nos dedos 	 <p>Fonte: Brake et al. (2011)</p>
13º a 14º dias de incubação	<ul style="list-style-type: none"> - O embrião modifica a posição virando a cabeça em direção à câmara de ar - Pâncreas inicia sua maturação - Atividade elétrica esporádica no cérebro - Início da introdução do intestino na cavidade abdominal - Empenamento praticamente completo 	 <p>Fonte: Barbosa e Fernandes (2011)</p>
14º a 15º dias de incubação	<ul style="list-style-type: none"> - Intestino penetra quase em sua totalidade na cavidade abdominal - Membrana corioalantóide reduz seu tamanho - Atividade elétrica nos lóbulos ópticos 	 <p>Fonte: Barbosa e Fernandes (2011)</p>
16º dia de incubação	<ul style="list-style-type: none"> - O albume já está quase totalmente absorvido - Indivíduo apto de movimentos respiratórios - Primeiras atividades elétricas no cerebelo - Embrião bem emplumado - Escamas e unhas encontram-se firmes e cornificados 	 <p>Fonte: Brake et al. (2011)</p>
17º dia de incubação	<ul style="list-style-type: none"> - A cabeça do embrião posiciona-se entre os pés - Líquido amniótico reduz 	 <p>Fonte: Brake et al. (2011)</p>

Fases	Processos fisiológicos	Imagens
18º dia de incubação	<ul style="list-style-type: none"> - Cabeça orienta-se para debaixo da asa direita e o bico encontra-se em direção à câmara de ar - Inicia a penetração do saco vitelino na cavidade abdominal - Maturação do duodeno - Secreção de calcitonina é iniciada - Máxima sensibilidade ao som - Crista serrilhada visível a olho nu - É possível visualizar acúmulo de uratos na parte posterior do embrião 	 <p>Fonte: Brake et al. (2011)</p>
19º a 20º dia de incubação	<ul style="list-style-type: none"> - Reservas de glicogênio hepático são mobilizados - Os reflexos posturais estão desenvolvidos - Regularidade das ondas auditivas cerebrais - Grande parte do saco vitelino está incorporado na cavidade abdominal - Completa-se a absorção do fluido alantóide - Embrião ocupa todo o ovo com exceção da câmara de ar 	 <p>Fonte: Brake et al. (2011)</p>
20º dia de incubação	<ul style="list-style-type: none"> - Ducto arterioso e forame interatrial são fechados - Alantóide seca - A penetração do saco vitelino na cavidade abdominal é completa e o umbigo está aberto - Bicagem interna e acesso a câmara de ar. - Inicia a transição da respiração corioalantóide para pulmonar 	 <p>Fonte: Barbosa e Fernandes (2011)</p>
21º dia de incubação	<ul style="list-style-type: none"> - Bicagem externa - Nascimento 	 <p>Foto: Brake et al. (2011)</p>

Fonte: Adaptado de Barbosa (2011) e Cesário (2013).

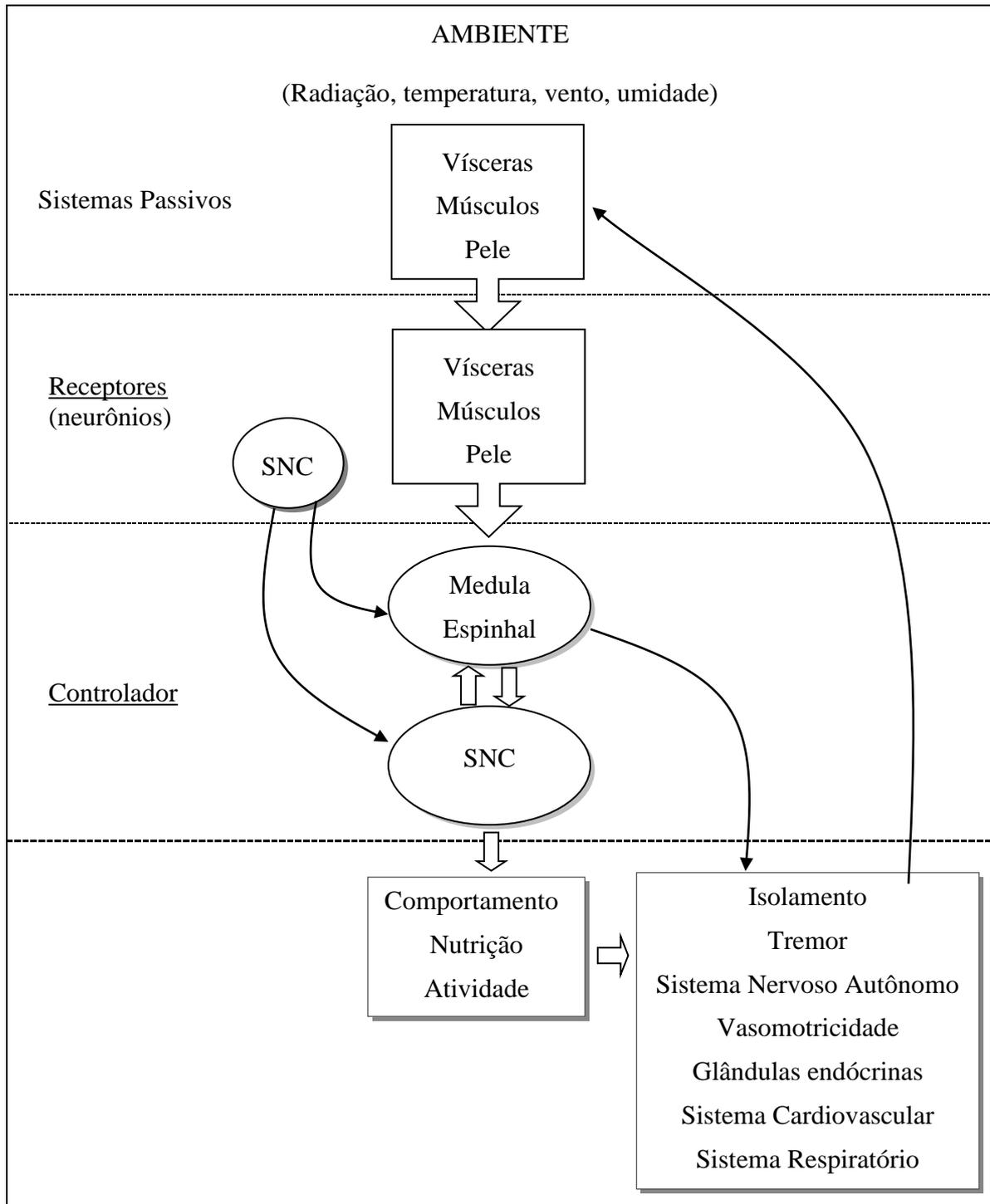
2.2 Sistema termorregulatório das aves

O desenvolvimento do sistema termorregulatório em aves, ocorre durante o início do desenvolvimento embrionário e se estende até os primeiros dias pós-eclosão, onde atinge sua maturidade (NICHELMANN et al, 2001.; NICHELMANN e TZSCHENTKE, 2002, 2003). Este desenvolvimento ocorre com a formação do sistema nervoso central e periférico que são responsáveis por induzir a ativação dos mecanismos controladores da temperatura corporal, através da percepção dos estímulos externos ao organismo pelas unidades funcionais receptoras (FURLAN e MACARI, 2008). Diante desses aspectos, as respostas para a manutenção da homeotermia é induzida pelos sistemas efetores (Desenho esquemático 1).

Segundo Nichelmann et al. (2001), os acessórios de regulação térmica, como o sistema circulatório, sistema respiratório e metabolismo em geral, possuem a capacidade de integrarem suas atividades participando de reações adequadas e coordenadas para o controle da temperatura corporal, por meio da participação primordial do eixo hipotálamo-hipófise-tireóide.

Freeman (1964) relata que a glândula tireóide desempenha um papel importante no mecanismo termorregulador do pintainho recém-nascido. Os hormônios tireoidianos possuem a capacidade de regular a taxa de metabolismo basal, bem como realizar a manutenção da temperatura corporal quando esta apresenta-se alta e constante (DARRAS et al., 2000).

Há duas variáveis que controlam a temperatura das aves: a primeira, são os neurônios hipotalâmicos relacionadas às respostas associadas às altas temperaturas corpórea e a segunda, são os neurônios responsivos às baixas temperaturas, que induzem a conservação de calor (FURLAN e MACARI, 2008).



Desenho esquemático 1 - Interação entre ambiente e frango de corte.

Fonte: Adaptado de Macari e Furlan (2008).

Em geral, a magnitude das respostas termorreguladoras e a estabilidade da temperatura corporal como uma função de exposição térmica perinatal é usada para descrever a ontogenia da termorregulação de espécies aviárias (HALEVY et al., 2006). Para aves, Nichelmann e Tzschentke (2002) distinguiram três fases para a ontogenia da termorregulação, caracterizadas por diferentes eficiências de respostas termorreguladoras, que são: fase pré-natal, fase pós-natal inicial, que se estende por volta dos 10 dias de vida e fase de homeotermia, que se inicia a partir dos 10 dias de idade.

A fase pré-natal refere-se ao período de incubação, quando a eficácia das reações endotérmicas é baixa e o embrião tem capacidade limitada de estabilizar a sua temperatura do corpo, quando esta é influenciada pela exposição de temperatura ambiente (NICHELMANN e TZSCHENTKE, 2002). No entanto, estudos mais recentes demonstram que embriões de aves possuem a capacidade de reagir as mudanças de temperatura de incubação, através das alterações no fluxo sanguíneo da membrana corioalantóidea, durante os últimos dias de incubação. Nessa fase, quando os processos regulatórios já estão totalmente desenvolvidos, o embrião está equipado para responder aos estímulos ambientais, como por exemplo, à estimulação térmica (“treinamento térmico”). As respostas da estimulação térmica, causam efeito duradouro porque marcam permanentemente (“imprinting”) as funções corporais (TZSCHENTKE e TATGE, 2013).

Durante a segunda fase, denominada pós-natal inicial, o pintainho apresenta uma capacidade mais elevada de estabilizar a sua temperatura corpórea em relação a fase pré natal, quando exposto a diferentes temperaturas ambientais.

Na terceira fase, o animal passa a ser homeotérmico, adquirindo a capacidade de manter a temperatura do corpo constante, sobre uma ampla faixa de temperatura ambiente. Nessa fase o sistema termorregulatório torna-se eficiente em sua totalidade (NICHELMANN e TZSCHENTKE, 2002).

2.2.1 Mecanismos fisiológicos da termorregulação

As funções de controle da regulação da temperatura das aves são realizadas por estruturas nervosas centrais, bem como por interações hormonais. O desenvolvimento do sistema

nervoso central (SNC) no embrião de galinha começa no segundo dia de incubação e entende-se até a eclosão (BAARENDSE et al., 2007).

O cérebro e a medula espinhal constituem o SNC. Os neurônios partem do sistema nervoso central atingindo as diversas partes do corpo, constituindo o sistema nervoso periférico (SNP). O sistema nervoso periférico é formado pelo sistema somático (motor) e pelo autônomo. O sistema somático é controlado voluntariamente, sendo responsável pela emissão das respostas comportamentais através da contração dos músculos esqueléticos. O sistema autônomo não tem controle voluntário, sendo composto pelos neurônios que enervam os músculos lisos viscerais, trato intestinal, glândulas e músculo cardíaco (LOH et al., 2004).

O sistema nervoso central controla ainda as respostas hormonais, por meio do eixo hipotálamo - hipófise - glândulas endócrinas, que regula as funções hormonais associadas à concentração de hormônios no sangue. Neurônios aferentes levam ao cérebro informações de natureza elétrica dos receptores, tanto externos quanto internos, espalhados pelo corpo, onde as informações são processadas (FURLAN e MACARI, 2008).

O hipotálamo é a parte do cérebro com participação mais ativa no processamento das informações sensoriais e execução de respostas motoras, comportamentais, autonômicas e hormonais. O hipotálamo tem função crucial no funcionamento da glândula pituitária (hipófise), sensação e regulação da temperatura corporal, assim como: regulação osmótica, sensações de fome, sede, dor. Os mecanismos centrais localizados no hipotálamo anterior (o centro termorregulatório primário) apresenta desenvolvimento precoce (TZSCHENTKE e BASTA, 2002).

Cerca de 40 anos atrás, a área pré-óptica do hipotálamo anterior foi identificada como a região do cérebro, que é sensível a alterações na sua temperatura local (DEBONNE et al., 2008). Com gravações microelétrodos da região pré-óptica do hipotálamo, vários tipos de unidades que respondem a alterações térmicas locais foram identificados por Hensel (1981). Estas unidades são muitas vezes chamadas de "neurônios termo responsivos e são classificados em: neurônios insensíveis à temperatura, neurônios sensíveis ao calor e neurônios sensíveis ao frio (PIERAU et al., 1998; BOULANT, 1986).

Tzschentke et al. (2004), estudando embriões de patos, observaram que desde o 28º dia de incubação até a eclosão (34 dias para esta espécie), a proporção de neurônios sensíveis ao calor, sensíveis ao frio e termo insensíveis foi constante e não se diferenciou nos recém-nascidos.

O aumento da atividade dos neurônios hipotalâmicos sensíveis ao calor induz um aumento na atividade de mecanismos de perda de calor, seguida por uma diminuição na temperatura do corpo das aves (SIMON et al., 1986). A estimulação de neurônios sensíveis ao frio resulta no efeito oposto. Essas reações endotérmicas podem ser observadas muito cedo durante o desenvolvimento embrionário, como relatadas por Lourens et al. (2006), que recentemente as demonstraram em embriões de galinha. A partir do 8º dia de incubação, os embriões de galinha reagiram com um aumento de curto prazo (<16 minutos) na produção de calor após uma diminuição de 0.3 °C na temperatura da incubadora. Além disso, uma redução de curto prazo na produção de calor foi encontrada após o aumento de 0.3°C na temperatura das máquinas.

Em estudos com patos em crescimento e patos adultos, Tzschentke et al. (2004), comparando a termossensibilidade do hipotálamo desses grupos, constataram que a termossensibilidade é caracterizada por alta sensibilidade neuronal ao frio em ambas as fases destas aves.

Além dos neurônios sensíveis ao frio e ao calor, um pequeno número de neurônios referidos como “neurônios guardiões da temperatura”, tem sido identificados na área pré óptica do hipotálamo, que são sensíveis a leves mudanças de temperatura de não mais de 1°C quando se aplica estimulação térmica. Estes neurônios foram mencionados pela primeira vez por Basta et al. (1997) em patos de 10 dias de idade.

Os neurônios guardiões da temperatura são sensíveis somente a temperaturas cerebrais extremamente altas ou baixas, dessa forma podem ativar mecanismos termorregulatórios mais eficazes se o intervalo normal de regulação for excedido. Dentre os mecanismos termorregulatórios que são ativados, incluem-se a vasodilatação periférica, respiração ofegante e ainda a redução do metabolismo das aves (FURLAN e MACARI, 2008).

Nichelmann e Tzschentke (2003) e Tzschentke (2007), realizando experimentos em embriões de galinha, evidenciaram que o fluxo sanguíneo aumenta ou diminui com o aquecimento ou resfriamento do 15º até o 19º dia de desenvolvimento embrionário descoordenadamente, considerado esta reação não-adaptativa. Após esse período, entre o 20º e 21º, as reações tornam-se adaptativas e os embriões de galinha são capazes de reagir as alterações na temperatura de incubação através do fluxo sanguíneo na membrana corioalantóide, conseguindo manter a temperatura corporal constante por um período de tempo limitado (Figura 5). Estes resultados estão de acordo com os encontrados por Holland et al. (1998), onde os embriões de galinhas, após a bicagem interna, mantiveram a temperatura do corioalantóide cons-

tante por mais de 40 minutos depois do início do aumento da temperatura ambiental ativando este mecanismo de perda de calor (Figura 6).

Embriões de galinha

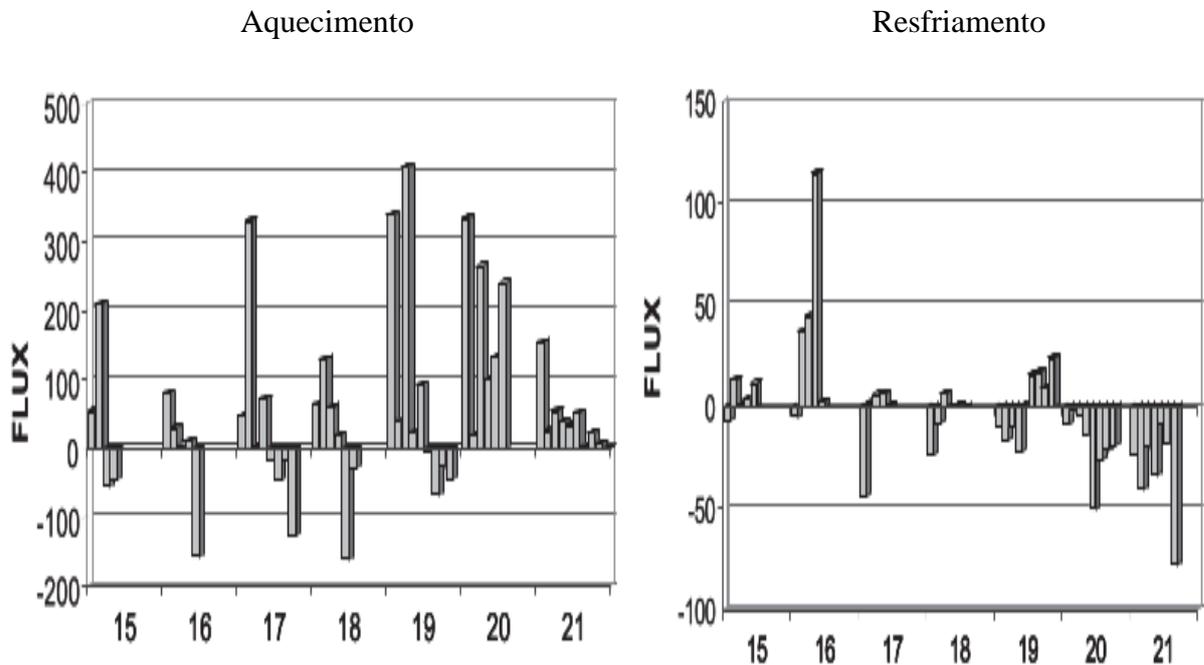


Figura 5- Influência do aquecimento (38,5°C) e resfriamento (35,5°C) sobre o fluxo sanguíneo da membrana corioalantóide de embriões de galinha (15 a 21 dias). Cada coluna representa a reação que cada embrião expressa em unidades arbitrárias de fluxo sanguíneo (FLUX). Fonte: Adaptado de Nichelmann e Tzschentke (1999, 2003).

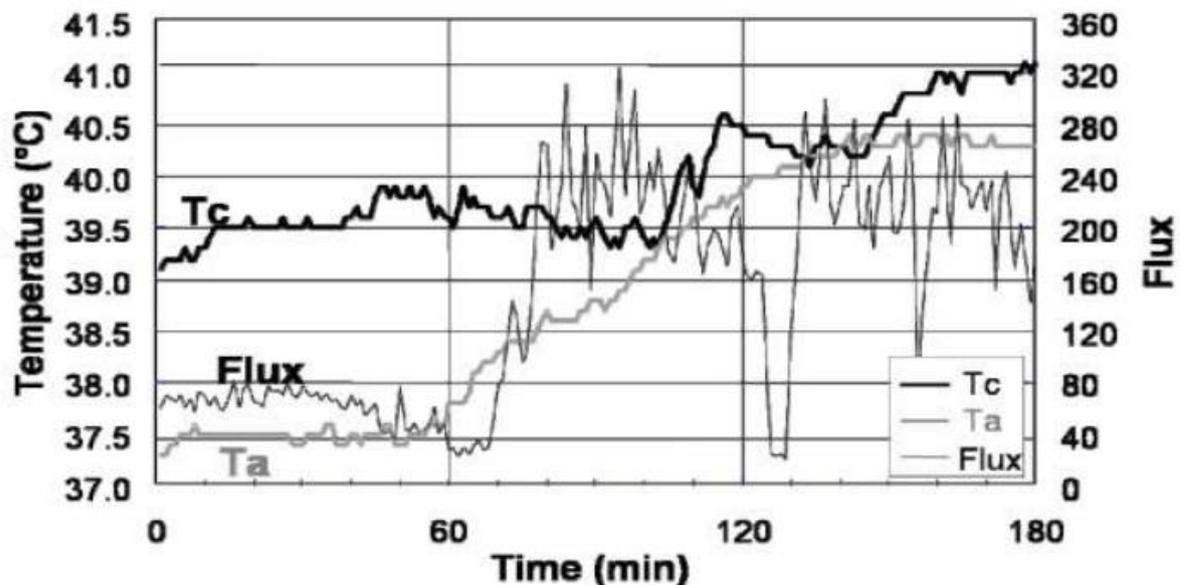


Figura 6 - Influência do aumento da temperatura de incubação (temperatura ambiente - Ta) sobre o decurso da temperatura do corpo (Tc) e do fluxo sanguíneo na membrana corioalantóide (FLUX) após bicagem interna. Fonte: Adaptado de Holland et al. (1998).

A produção de calor pelo embrião é observada à partir do início da incubação, seguindo uma função exponencial. No final da incubação, em cerca de 80 % do período, a produção de calor é estabilizada, pois nesse período os mecanismos termorregulatórios e sistemas fisiológicos já estão bem desenvolvidos. Dessa forma, Lourens et al. (2005) descreve a importância do sistema de ventilação, que possibilita a passagem do ar por toda a superfície da casca do ovo dissipando o calor produzido pelo embrião.

Outro mecanismo termorregulatório utilizado são as contrações rítmicas dos músculos respiratórios que começam antes da bicagem interna. Estes movimentos ocorrem sem ventilação do pulmão. Um dos objetivos destes movimentos é consolidar a morfologia e função do trato respiratório (TAZAWA et al., 1971; MURZENOK et al., 1997). Posteriormente o embrião perfura a corioalantóide e a membrana interna da casca e inicia a respiração pulmonar (TAZAWA e WHITTOW, 2000).

Debonne et al. (2008) assume que, os eixos Hipotálamo – Pituitária – Tiróide (HPT) e o eixo Hipotálamo – Pituitária – Adrenal (HPA) desempenham um papel importante nos mecanismos de termorregulação durante a vida pré-natal e pós-natal de aves.

O hormônio liberador de tireotrofina (TRH) estimula a pituitária a sintetizar e liberar o hormônio estimulante da tiróide (TSH), que por sua vez estimula a glândula tiróide a produzir T3 e T4. A glândula tireóide nas aves está principalmente sob o controle do eixo HPT (DEBONNE et al., 2008).

Além disso, em resposta ao estresse, o hipotálamo produz o hormônio liberador de corticotrofina (CRH). O CRH é o regulador de estimulação do hormônio adrenocorticotrófico (ACTH), produzido na hipófise anterior. A liberação de ACTH estimula o córtex adrenal, levando a um aumento da corticosterona, esse hormônio exerce um feedback negativo sobre o hipotálamo, bem como sobre a pituitária (eixo-HPA), agindo então indiretamente sobre sua própria liberação (CARSIA e HARVEY, 2000) (Figura 7).

Geris et al. (1998) descobriram que o CRH também estimula a produção de TSH, através do receptor específico CRH-2, pela pituitária anterior em embriões de galinha de 19 dias de idade, sugerindo que existe uma forte interação entre os eixos HPT e HPA já durante as fases de desenvolvimento embrionário.

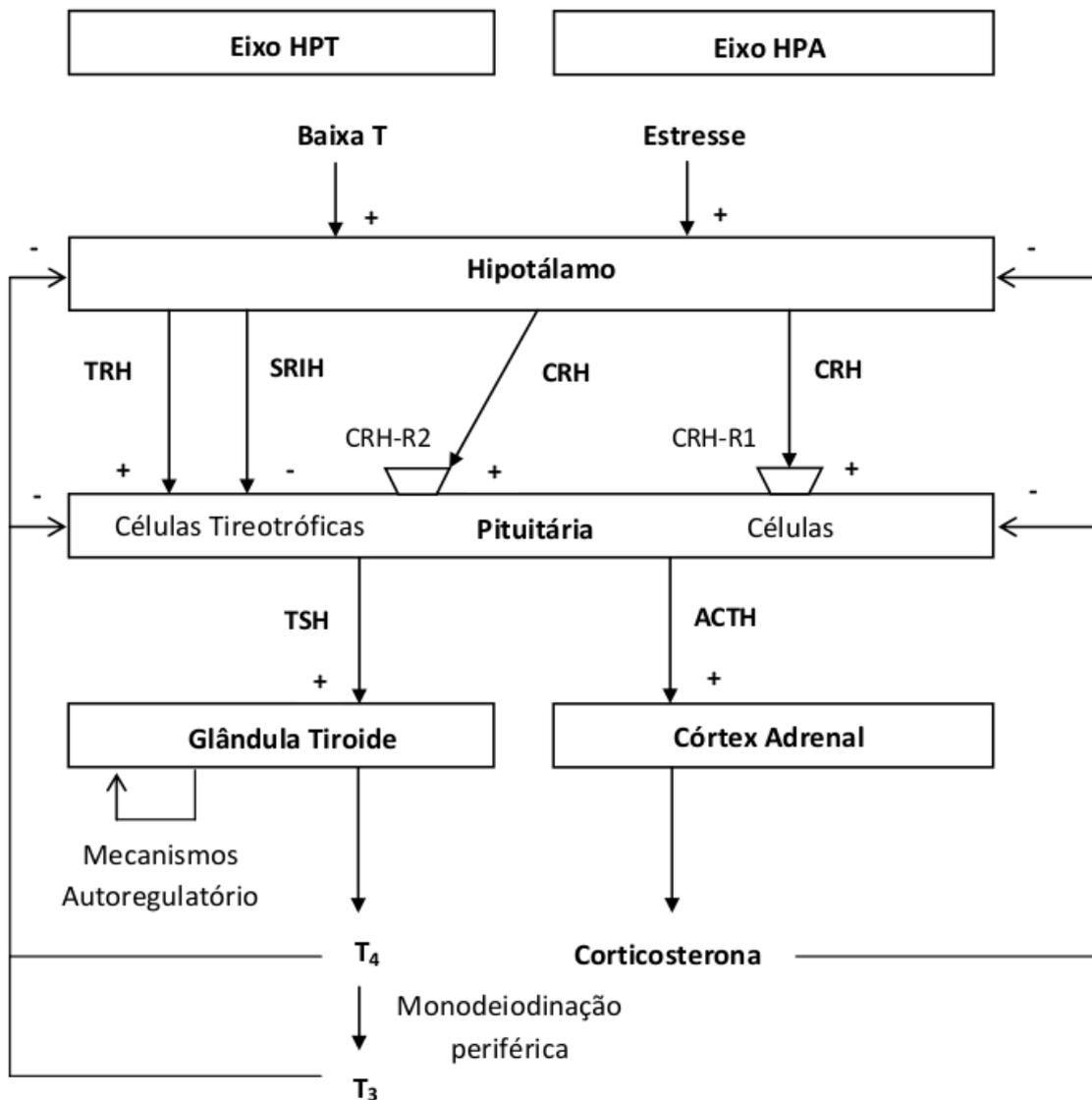


Figura 7 - Mecanismos de regulação do eixo-HPT e HPA do frango. T: temperatura, TRH: hormônio liberador da tireotrófica, SRIH: Somatotrofina hormônio liberador de inibição, TSH: hormônio estimulante da tireóide, T₄: tiroxina, T₃: Triiodotironina, CRH: hormônio liberador da corticotrofina, ACTH: hormônio adrenocorticotrófico, CRH-R: receptor hormonal da liberação de corticotrofina, (+) = efeito estimulante e (-) = efeito inibitório. Fonte: Adaptado de Debonne et al. (2008).

Os hormônios produzidos pela hipófise (Pituitária) são agentes químicos no processo de termorregulação. A partir desses agentes, podem ser iniciadas as respostas fisiológicas e também alteradas as taxas de ocorrência a determinadas reações. Os hormônios são carreados pelo sangue para todo o corpo, o que facilita a termorregulação das aves. Sabe-se que a temperatura ambiente, por meio de seu efeito sobre o sistema neuroendócrino, influencia o comportamento animal e os hormônios da tireóide, (T₄ e T₃), que exercem importante papel na adaptação do animal às mudanças ambientais, por meio da capacidade de regular a taxa de

metabolismo basal, bem como de realizar a manutenção da temperatura corporal quando esta apresenta-se alta e constante (DARRAS et al., 2000). O hormônio T3 é o mais ligado com a termogênese. Resultados de pesquisas demonstram que o ambiente quente diminui a atividade da tireóide e as temperaturas frias aumentam a sua atividade, em várias espécies (YALÇIN et al., 2009).

Antes da eclosão, os sistemas regulatórios do embrião passam de sistemas abertos, sem controle de feedback, para sistemas fechados, controlados com mecanismos de feedback. Devido a este fator, manipulações ambientais durante a fase pré-natal ou pós-natal primeiro conduzem, reações não coordenadas e quase sempre não-adaptativas dos respectivos sistemas de controles fisiológicos. Estas reações não-adaptativas tornam-se coordenadas e adaptativas mais tarde no desenvolvimento embrionário, provavelmente, com o desenvolvimento do controle de circuito fechado (TZSCHENTKE e PLAGEMANN, 2006). Os autores caracterizam essa fase como um “período crítico” para o desenvolvimento dos sistemas de controle fisiológicos.

Durante o “período crítico”, fatores ambientais como a temperatura de incubação podem induzir a uma alteração permanente das funções corporais em relação ao ambiente, a denominada mudança epigenética (TZSCHENTKE e TATGE, 2013). Diante dessas mudanças, alguns autores descrevem que, a melhor aquisição de tolerância térmica pelas aves é durante o desenvolvimento/maturação do eixo-HPT (centro termorregulador) e o eixo-HPA (resposta ao estresse). Dessa maneira, Tzschentke e Tatge (2013) relatam que o desenvolvimento do sistema termorregulatório deve acontecer de maneira efetiva, visando garantir uma maior eficiência na regulação térmica após o nascimento das aves

2.2.2 Estresse Térmico Por Calor

O estresse devido ao calor ocorre quando existem temperaturas ambientais acima da zona de termoneutralidade das aves e se intensifica na presença de alta umidade relativa e ausência de movimento do ar (TINÔCO,1998).

De acordo com Baêta e Souza (1997), a zona de conforto térmico pode ser considerada como a faixa de temperatura ambiente na qual o esforço termorregulatório é mínimo (Figura

8). Nesta faixa de temperatura não há sensação de frio ou calor, e o desempenho do animal é otimizado (YALÇIN, 2009).

Conforme Furlan e Macari (2008), as aves são animais homeotermos, ou seja, mantêm sua temperatura corporal relativamente constante (aproximadamente 41,1°C). Porém a zona de termo neutralidade varia conforme a idade e o estado fisiológico das aves, pois os pintos no início de vida necessitam de fonte de calor externa, pois seu sistema termorregulador no hipotálamo ainda não está completamente desenvolvido, sendo estipulada para esta fase temperaturas ambientais entre 33 e 35°C (YAHAV, 2009).

Para aves adultas, segundo Tinôco (1998), um ambiente é considerado confortável quando apresenta temperaturas de 16 a 23 °C e umidade relativa do ar de 50 a 70%. Entretanto, dificilmente estes valores são encontrados em condições comerciais de produção, sobretudo no verão. Temperaturas abaixo e, principalmente, acima da termoneutralidade podem resultar em alterações metabólicas, com conseqüente queda do desempenho das aves.

De acordo com Abu-Dieyeh (2006), o estresse por calor pode ser classificado em duas formas diferentes: a primeira forma denominada estresse calórico agudo, caracterizada por curtos períodos de alta temperatura e a segunda, estresse calórico crônico, que refere-se a um longo período de elevada temperatura. Esse mesmo autores descrevem que, o estresse crônico por calor, tem efeitos negativos sobre os parâmetros de desempenho do frango de corte durante toda sua vida. Aves submetidas ao estresse por calor, reduzem a ingestão de alimentos, afetando negativamente os índices de produção nos galpões convencionais.

Em condições de elevadas temperaturas, as aves ativam portanto, mecanismos fisiológicos e respostas comportamentais, a fim de manter sua temperatura corporal dentro da zona de conforto térmico (RABELLO, 2008). Os mecanismos fisiológicos que mantêm a homeostase térmica em aves são: a radiação, convecção e evaporação, sendo esta última feita quase que exclusivamente pela respiração, pois as aves são desprovidas de glândulas sudoríparas (FURLAN e MACARI, 2008).

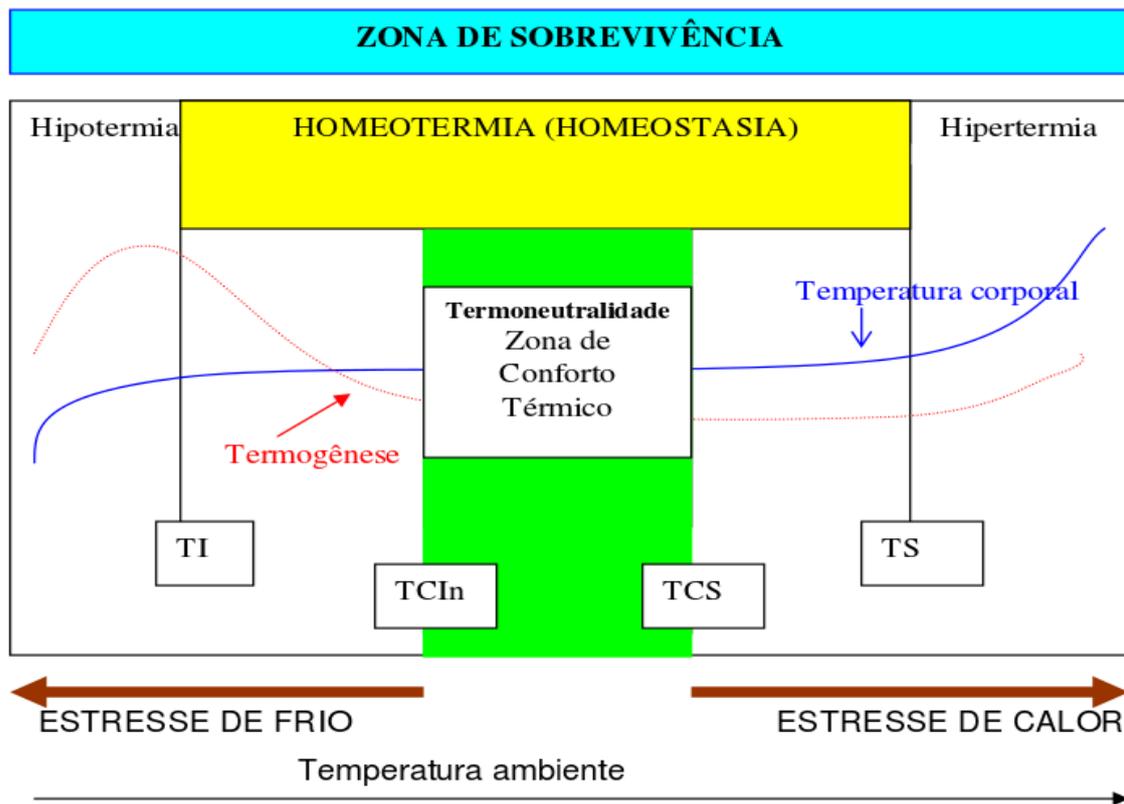


Figura 8: Variações da temperatura corporal de um animal homeotérmico em função da temperatura ambiente. TI: temperatura inferior, TCIn: temperatura crítica inferior, TCS: temperatura crítica superior, TS: temperatura superior.

Fonte: Adaptado de Baêta e Souza (1997).

As perdas por convecção e radiação são chamadas de trocas sensíveis, uma vez que para ocorrerem dependem de um diferencial de temperatura entre a superfície corporal das aves e a temperatura ambiente (FURLAN e MACARI, 2008). Sendo assim, para maximizar as trocas de calor com o ambiente, as aves se agacham, mantêm as asas afastadas do corpo, a fim de aumentar ao máximo a área de superfície corporal, e também aumentam o fluxo de calor para as regiões periféricas do corpo que não possuem cobertura de penas (crista, barbela e pés) (BORGES et al., 2003). Os autores afirmam ainda que a perda de calor não evaporativo pode também ocorrer com o aumento da produção de urina, se esta perda de água for compensada pelo maior consumo de água.

De acordo com Borges et al. (2003), outra resposta fisiológica bastante utilizada por aves sob estresse térmico é o aumento da taxa respiratória, porém esse mecanismo resulta em perdas expressivas de dióxido de carbono (CO_2). Conseqüentemente, a taxa de pressão parcial

de CO_2 (pCO_2) diminui e por conseguinte ocorre a queda na concentração de ácido carbônico (H_2CO_3) e hidrogênio (H^+).

Conforme Marchini et al. (2012), as aves possuem capacidade de aumentar a taxa respiratória em até dez vezes o seu ritmo normal em condições de estresse calórico, fazendo com que o nível de dióxido de carbono expirado seja muito elevado, causando a alcalose respiratória (aumento do pH do sangue) e, como consequência, alteração do equilíbrio ácido-básico (Figura 9). Dessa forma, os rins aumentam a excreção de HCO_3^- e reduzem a excreção de H^+ na tentativa de manter o equilíbrio ácido-base (BORGES et al., 2003).

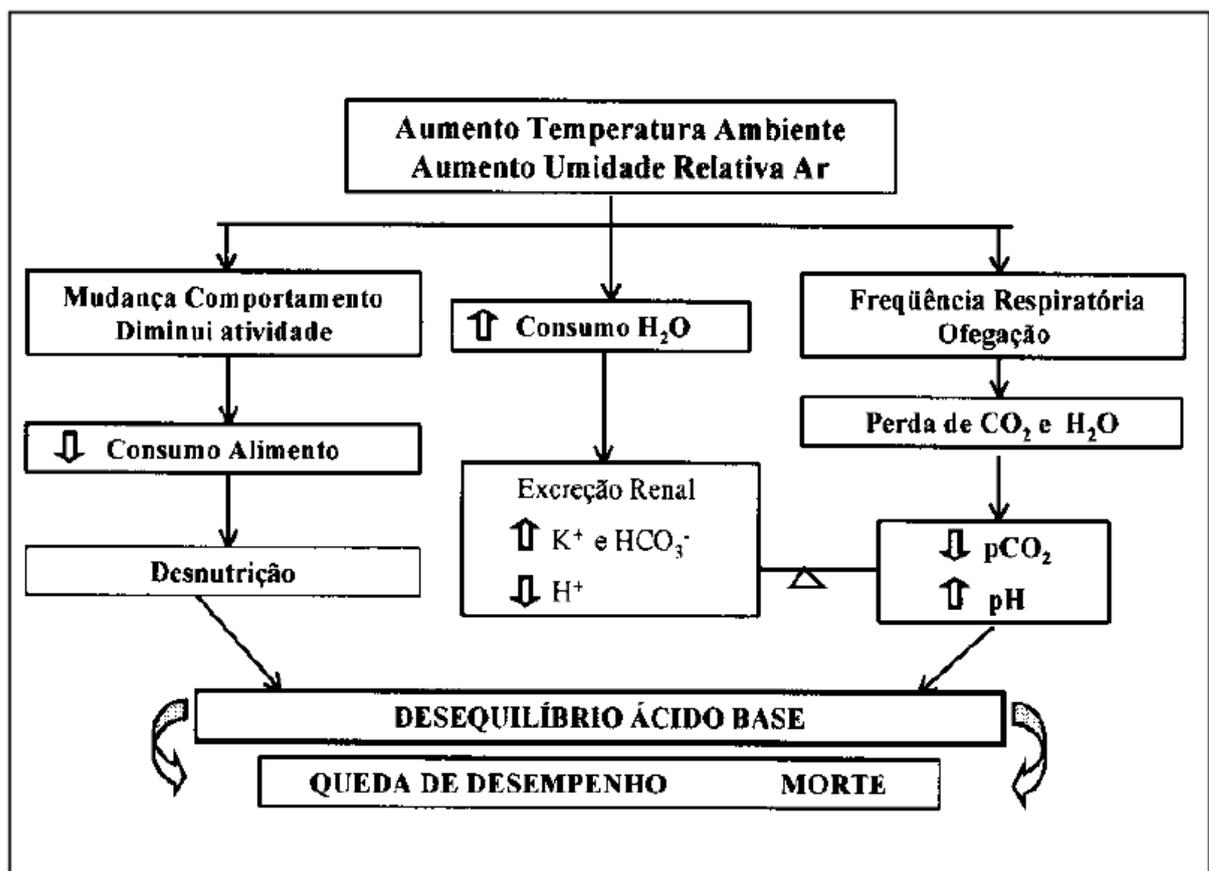


Figura 9 - Resposta das aves ao estresse calórico. Fonte: Furlan e Macari (2008).

Além disso, quando as aves são submetidas ao estresse por calor, outros mecanismos de defesa são observados, como a diminuição do tônus muscular e de sua atividade voluntária, redução na secreção dos hormônios tireoidianos, menor ingestão de alimento e maior ingestão de água (FURLAN e MACARI, 2008).

As poedeiras também sofrem com o estresse pelo calor. Devido a alcalose respiratória desencadeiam um desequilíbrio eletrolítico e mineral, ocorre uma descarga de ácidos orgâni-

cos no sangue que complexam o cálcio como forma de compensar a alcalose, diminuindo assim a quantidade de cálcio, que seria utilizado para a formação da casca do ovo. Como consequência, teremos ovos de casca mais fina (GUAHYBA, 2000).

Yalçın et al. (2008) relatam que a mortalidade devido ao estresse por calor em aviários é frequente e constitui grande prejuízo na produção avícola.

2.3 Manipulação térmica durante a embriogênese

Estudos recentes tem demonstrado que a exposição de animais a altas e baixas temperaturas durante o período embrionário tem resultado, aparentemente, em maior habilidade para resistir ao estresse por calor (aumento da termotolerância) quando estas encontram-se na fase adulta. O desenvolvimento do sistema neural, bem como a capacidade termorregulatória das aves ocorrem durante a fase embrionária e sua maturidade ocorre durante os primeiros dias pós eclosão, caracterizando a homotermia completa. Dessa forma, as manipulações térmicas (MT) durante a fase embrionária foram sugeridas como forma de melhorar a capacidade das aves, para adaptar-se a ambientes quentes ou frios, na fase de pós-eclosão (DECUYPERE, 1984; MINNE e DECUYPERE, 1984; JANKE et al, 2002; COLLIN, 2007).

Pintainhos expostos a temperaturas de incubação acima dos 37,8°C durante a embriogênese tardia podem se adaptar melhor na fase pós-eclosão a temperaturas elevadas adversas (YAHAV, 2009). Diversos autores documentaram que a MT ao calor durante a incubação está associada com mudanças na termosensibilidade neuronal no hipotálamo e padrão de expressão de genes relacionados, denominada de programação perinatal epigenética/funcional bem como nos mecanismos de termorregulação periféricas, e que essas mudanças são realizada de forma marcante (“imprinting”) durante o “período crítico” da ontogenia do sistema termorregulatório (DECUYPERE, 1984; MINNE e DECUYPERE, 1984; JANKE et al., 2002, YAHAV et al., 2004; TZSCHENTKE e PLAGEMANN, 2006; TZSCHENTKE, 2007) (Figura 10).

Em embriões de aves, o desenvolvimento e maturação de sistemas de controle fisiológicos é um dos “períodos críticos” e, portanto, sensível ao “imprinting” (TZSCHENTKE e PLAGEMANN, 2006).

Tzschentke e Plagemann (2006) estudando a manipulação térmica durante o desenvolvimento embrionário, concluíram que o “treinamento” térmico é mais eficiente se aplicável a curto prazo, nos últimos 4 dias antes da eclosão, já que só é possível fazer o “treinamento” quando o sistema fechado controlado pode fornecer continuamente informações de feedback sobre a “experiência” do treinamento para o centro regulatório do cérebro, principalmente quando os eixos hipotálamo-hipófise-tireóide e hipotálamo-hipófise-adrenal estão em fase avançada do desenvolvimento e, portanto, já são capazes de responder aos estímulos ambientais.

Atualmente Tzschentke e Tatge (2013) descreveram a hipótese de que, durante o desenvolvimento dos mecanismos fisiológicos com controles de “feedback”, ocorre o “imprinting” dos sistemas regulatórios, provavelmente no nível macroestrutural do cérebro (“imprinting” neural), levando a uma modificação duradoura, induzida pelo ambiente (adaptação epigenética), do genoma (“imprinting” genômico), o que leva a alterações duradouras nos mecanismos termorreguladores relacionados à adaptação ao frio e ao calor.

O termo “imprinting” foi mencionado pela primeira vez por Lorenz (1935), em estudos com gansos recém-eclodidos para descrever estes processos.

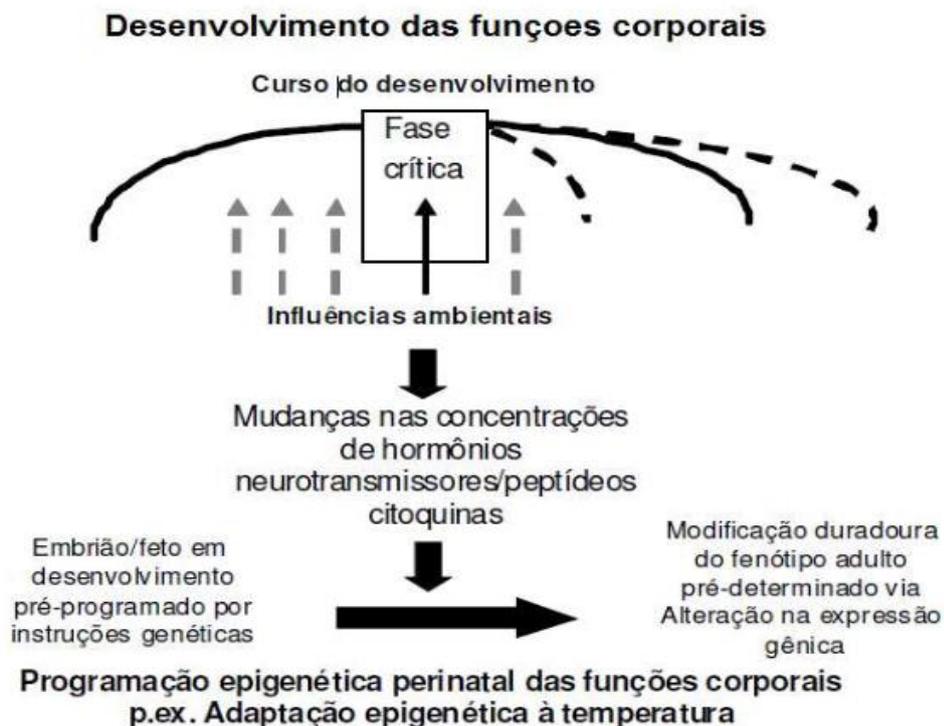


Figura 10 - Indução epigenética perinatal por fatores ambientais durante o "período crítico" de desenvolvimento precoce. Fonte: Adaptado de Tzschentke e Plagemann (2006).

Sabe-se que a MT com baixas ou altas temperaturas crônicas de longo prazo, resultam na diminuição da eclodibilidade e má qualidade do pintainho nessas situações (Yalçin et al., 2009).

Thompson et al. (1976), submetendo aves a altas temperaturas (40,6; 43,3; 46,1 e 48,9 °C) durante os últimos 4 dias da incubação, durante vários tempos de exposição (3, 6, 9, 24 horas), observaram que a exposição por 24 horas à temperatura de 40,6°C não causou danos em relação a taxa de eclodibilidade, porém os pintos sobreviventes apresentaram alta incidência de defeitos de pernas e locomoção. Para os tratamentos com 6 a 9 horas a 43,3°C, houve redução da eclodibilidade, resultado este agravado com o aumento da temperatura. 100% de mortalidade embrionária foi encontrado para os tratamentos de 46,1°C com exposição de 3 horas e 48,9 °C por uma 1 hora.

Weytjens et al. (1999) relatam ainda que, um fator apontado como sendo capaz de influenciar o sucesso da obtenção de termotolerância pelas aves, é a idade das matrizes. Yalçin (2005), examinaram os efeitos da estimulação térmica nos períodos de pré-nascimento (39,6 °C por seis horas, entre o 10º e 18º dia de incubação), e pós-nascimento (36°C, durante 24 h no quinto dia de vida), sobre a indução de termotolerância em frangos de corte oriundos de ovos de matrizes novas e velhas (28 e 58 semanas), respectivamente. Os autores concluíram que a estimulação ao estresse foram suficientes para adquirir um aumento da termotolerância nos animais na fase adulta.

Adaptação epigenética perinatal ao calor envolve mudanças nas regulações hormonais e metabólicas, que aumentam a resistência ao calor. Considerada uma adaptação fenotípica, mas que pode ser transferida por gerações (TZSCHENTKE e TATGE, 2013).

Yahav et al. (2004) concluíram que 3 horas/ dia de exposição dos ovos a 38,5°C entre 16 a 18 dias de incubação causou um efeito positivo sobre a termorregulação, provocando uma redução nas concentrações plasmáticas de hormônio da tireóide e temperaturas cloacais nos pintos de um dia.

Collin et al. (2007) avaliaram diferentes períodos (8º ao 10º , 16º ao 18º dia de incubação e em ambos os períodos), utilizando temperatura de 39,5°C por três horas/dia, com o intuito de avaliar a taxa eclodibilidade, ganho de peso corporal e a capacidade dos frangos em lidar com ambientes adversos, aos 42 dias de idade. Os resultados encontrados pelos autores, demonstraram que não houve aumento na aquisição da termotolerância, quando testados duran-

te a 6ª semana de idade. Esse fato pode ser explicado, com base nos estudos feitos sobre o período ideal (período sensível ótimo para a estimulação da MT) para desenvolvimento da termotolerância.

Tzschentke e Halle (2009), avaliando o desempenho de frango de corte Ross 308®, machos e fêmeas, sobre diferentes variações de temperatura a curto e longo prazo nos últimos 4 dias do desenvolvimento embrionário, observaram que frangos machos e fêmeas estimulados por calor de curto prazo apresentaram resultados significativamente melhor, em comparação aos machos e fêmeas do grupo controle e temperatura crônica elevada, revelando maior consumo e melhor conversão alimentar, com um aumento de 2,9 % do peso corporal (Tabela 1). Os autores relataram o aumento da taxa de eclosão em aproximadamente 1,5 % em todos os experimentos realizados. Além disso, nessas condições de incubação, foi obtido uma porcentagem significativamente maior de pintos machos (Tabela 2). Sabe-se que os machos são, em geral mais vulneráveis às mudanças ambientais do que as fêmeas (TZSCHENTKE e TATGE, 2013)

Tabela 1 - Resultados de um experimento de desempenho. Dos dias 1 a 17, todos os ovos foram incubados em temperaturas normais (37,2 – 37,4 °C). Do dia 18 até a eclosão, os ovos foram incubados em três programas diferentes de temperatura: 37,2 – 37,4 ° (controle), 1°C acima do padrão (38,2 – 38,4, incubação quente crônica) e 1 °C acima do padrão por 2 horas por dia (estimulação quente de curto prazo)

Grupo de incubação	Consumo de ração g/animal/dia	Massa corporal final g/animal	Conversão alimentar kg/kg
Machos			
Controle	93	2270 b	1,501 b
+ 1°C, 24 h/dias	94	2292 ab	1,498 b
+ 1°C, 2h/dia	95	2336 a	1,469 c
Fêmeas			
Controle	81	1927 c	1,514 ab
+ 1°C, 24 h/dias	81	1934 c	1,531 a
+ 1°C, 2h/dia	81	1938 c	1,491 bc

a, b, c – Médias seguidas de letras distintas são significativamente diferentes.

Fonte: Adaptado Tzschentke e Halle (2009).

Tabela 2 - Resultado de um experimento de incubação com 1897 ovos eclodidos. Ovos foram incubados em três condições diferentes: regime de temperatura normal para frangos de corte; estimulação quente crônica (24 h/dia +1 °C) nos últimos 4 dias de incubação; estimulação por calor de curto prazo (2 h/dia, +1 °C). A qualidade dos pintos foi estimada usando o escore Pasgar[®]

Parâmetro	Controle	4 dias, 24 h/dia, + 1 °C	4 dias, 2 h/dia, + 1 °C
Ovos por nascedouro	583	583	584
Eclodidos vivos, %	96,2	96,4	97,8
Fêmeas, %	50,3	49,7	49,5
Machos, %	50,5	48,5	51,5
Escore Pasgar [®]			
Fêmeas	9,3	9,5	9,8
Machos	9,3	9,5	9,7

Fonte: Adaptado de Tzschentke e Halle (2009).

Leandro et al. (2000) conduziram um experimento para avaliar o efeito do estresse de temperatura sobre as características de incubabilidade e qualidade dos pintos nascidos. Trezentos ovos, obtidos de um lote de matrizes de frangos de corte com 42 semanas, foram distribuídos em três incubadoras, reguladas para manter uma temperatura de 37,8°C, umidade relativa de 60% e viragem mecânica a cada duas horas. Aos 16 dias de incubação, aplicou-se uma variação de temperatura de calor (40°C) ou frio (32°C) durante cinco horas em duas máquinas. Os embriões da terceira máquina foram usados como controle. A eclodibilidade e a qualidade dos pintainhos, avaliados pelo peso ao nascer e qualidade de pernas e umbigo não foram significativamente diferentes entre o grupo controle e os grupos estressados. Os resultados revelaram que os ovos expostos ao estresse pelo frio ou calor tiveram um período de incubação maiores (506,5 horas e 504,2h, respectivamente), do que aqueles expostos a temperatura normal (496,3h). Como consequência houve atraso na bicagem interna (7 e 6 h) e externa (13 e 14 h). Os autores concluíram que a alteração da temperatura normal de incubação, com resfriamento ou aquecimento por 5 h no 16º dia, não foi suficiente para prejudicar a eclodibilidade e a qualidade dos pintainhos, mas causou uma dilatação do período total de incubação, indicando que mesmo um breve período de variação da temperatura normal de incubação em um período crítico de desenvolvimento é suficiente para determinar estresse nos embriões de frangos de corte (Tabela 3).

Tabela 3 - Parâmetro de ovos submetidos a temperaturas alta e baixa a partir do 16º dia de incubação

Características	Temperatura de incubação		
	Frio	Calor	Normal
Início da bicagem interna (h)	467,4 ± 2,35a	465,9 ± 2,31a	460,3 ± 2,02b
Início da bicagem externa (h)	495,2 ± 1,74a	494,0 ± 2,01a	482,2 ± 2,07b
Período de incubação (h)	506,5 ± 1,48a	504,2 ± 1,58a	496,3 ± 0,69b
Peso do pintainho (g)	51,1 ± 0,32a	50,8 ± 0,34a	51,7 ± 0,32a
Escore de umbigo	1,35 ± 0,07a	1,44 ± 0,08a	1,39 ± 0,08a
Escore de pernas	1,08 ± 0,04a	1,06 ± 0,04a	1,02 ± 0,02a

Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha apresentam diferenças estatísticas $p < 0,05$.

Fonte: Adaptado de Leandro et al. (2000).

Frio = 32°C, Calor= 40°C, Normal= 37,8°C

Um trabalho com embriões de galinha foi conduzido por Collin et al. (2007), em condição de hipertermia, para verificar o efeito da manipulação térmica embrionária (39,5°C) durante 3 horas nos dias 8, 9 e 10 (precoce); em 16, 17 e 18 (tardio) ou em ambas as fases (precoce e tardio), sobre parâmetros zootécnicos ao nascimento, peso vivo no abate e rendimento de peito de frangos de corte (42dias). Para as características de rendimento de peito e produção de gordura abdominal, a manipulação térmica não afetou a deposição de gordura abdominal das aves. Porém, as características para rendimento de peito das aves submetidas a manipulação térmica durante a fase precoce e tardia foi superior em comparação com as aves expostas a temperatura de incubação padrão (37,8°C). Além disso, os resultados de peso ao nascer e durante a fase pós-eclosão (28 e 42 dias), não apresentaram influência da manipulação térmica estabelecida para os grupos (Tabela 4).

Estes dados diferem dos achados por Hulet et al. (2007), que realizaram um estudo com manipulação térmica para analisar o desempenho do crescimento pós-nascimento de frangos de corte Ross® de alto rendimento, e incubaram embriões de matrizes de diferentes idades (29 e 57 semanas) durante os últimos dias de incubação a três temperaturas distintas (37.5°C, 38.6°C, 39.7°C). Os resultados encontrados, demonstraram que, os embriões que foram manipulados termicamente obtiveram maior ganho de peso quando comparados ao grupo controle (temperatura padrão). Esses valores podem ser explicados pelo fato de que, os

frangos de corte criados em temperaturas de estresse térmico por calor podem ter se adaptado desde o período embrionário para produzir seus processos metabólicos nas condições de temperaturas mais elevadas (Tabela 5).

Tabela 4 - Percentual de eclodibilidade, peso e temperatura do neonato (TCN), peso vivo do frango de corte aos 28 e 42 dias originado de embriões submetidos a diferentes períodos de manipulações térmicas (39.5°C) e controle (37.8°C)

	Controle	Precoce	Tardio	Tardio e precoce
Eclodibilidade/férteis (%)	88.2c	96.3a	92b	75.5d
Peso vivo ao nascer	47.2	47.36	47.15	47.64
TNC (°C)	38.21a	37.88b	37.9	38.04ab
Peso vivo 28 dias (g)	1.405	1.419	1.433	1.413
Peso vivo 42 dias (g)	2.578	2.582	2.608	2.584
CA 0-28	1.42	1.43	1.42	1.42
CA 28- 41 dias	1.97	1.98	1.97	1.95

Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si na mesma linha.

Fonte: Adaptado de Collin et al. (2007).

Tabela 5 - Influência da manipulação térmica no embrião sobre o peso vivo (g) em diferentes idades dos frangos de corte

Idade (dias)	Temperatura do embrião		
	37.5	38.6	39.7
1	41,1c	42,2b	43,1a
21	715,1a	714,8a	669,5b
35	1.722,5b	1.756,7a	1.663,6c
44	2.213,8b	2.263,3a	2.165,7c

Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si na mesma linha.

Fonte: Adaptado de Hulet et al. (2007).

Piestun et al. (2008) estudaram o efeito da MT durante o período de desenvolvimento da glândula tireóide e adrenal na embriogênese e durante a maturação, em embriões de frangos de corte Cobb®, do 7º ao 16º dia de idade, durante 24 horas ou de maneira intermitente por 12 horas, submetidos a MT de 39,5°C e 65% umidade relativa (UR). Após a incubação os frangos foram criados sob condições normais até o 35º dia de idade, e em seguida, submetidos ao desafio térmico de 35°C durante 5 horas. Embora a MT contínua (24 horas) tenha causado um declínio significativo na eclosão, o desempenho dos frangos submetidos a 12 horas mostrou resultados semelhantes aos do controle, além de apresentarem significativamente menor temperatura corporal e mortalidade (Tabela 6).

Tabela 6 - O efeito do desafio térmico a 35 dias de idade sobre a temperatura corporal (TC) e taxa de mortalidade de machos e fêmeas de frangos de corte submetidos a manipulação térmica (39,5°C e 65% UR) de forma contínua (tratamento 24h) ou intermitentemente (tratamento 12h) durante a embriogênese

Tratamento 35 dia	Tratamentos de incubação		
	Controle	12 horas MT	24 horas MT
TC - Machos (°C)			
Não desafiado	41.9 ± 0.03 ^{a,x}	41.7 ± 0.04 ^{b,x}	41.7 ± 0.05 ^{b,x}
Termicamente desafiado	44.4 ± 0.08 ^y	44.2 ± 0.11 ^y	44.3 ± 0.14 ^y
TC - Fêmeas (°C)			
Não desafiado	41.6 ± 0.06 ^{a,x}	41.6 ± 0.05 ^{a,x}	41.4 ± 0.05 ^{b,x}
Termicamente desafiado	44.3 ± 0.13 ^y	44.2 ± 0.15 ^{b,x}	44.1 ± 0.13 ^y
Taxa de mortalidade dos frangos desafiados termicamente (%)			
Machos	30	14	13
Fêmeas	0	0	0

a,b médias com letras diferentes nas linhas, diferem estatisticamente ($P \leq 0.05$)

x,y médias com letras diferentes nas colunas, diferem estatisticamente ($P \leq 0.05$)

Fonte: Adaptado de Piestun et al. (2008).

Além disso, os autores descreveram que durante o desafio térmico na idade adulta, demonstrou uma melhoria significativa na aquisição da termotolerância em ambos os frangos tratados com MT de 12 e 24 horas, que foi caracterizada por um nível significativamente mais baixo do estresse, como evidenciado pelo nível de corticosterona no plasma e baixas concentrações de T3 e T4 (Tabela 7).

Tabela 7 - O efeito do desafio térmico a 35 dias de idade sobre as concentrações da tiróide e de corticosterona no plasma em frangos de corte machos (M) e fêmeas (F) sujeitos a manipulação térmica (39,5°C e 65% UR) durante a embriogênese

Tratamento 36 dias de idades	Sexo	Tratamento de incubação		
		Controle	12 horas MT	24 horas MT
Concentração de T4 no plasma				
Não desafiado	M	5.32 ± 0.89 ^x	4.60 ± 0.58	4.53 ± 0.77
Termicamente desafiado	M	7.90 ± 0.94 ^{a,y}	5.77 ± 0.67 ^b	5.02 ± 0.60 ^b
Concentração de T3 no plasma				
Não desafiado	M	2.00 ± 0.06 ^x	2.00 ± 0.04 ^x	2.04 ± 0.04 ^x
Termicamente desafiado	M	1.30 ± 0.06 ^{a,y}	1.11 ± 0.04 ^{b,y}	1.11 ± 0.04 ^{b,y}
Concentração de Corticosterona no plasma (ng/mL)				
Não desafiado	M	2.40 ± 0.49 ^x	2.23 ± 0.23 ^x	2.18 ± 0.71 ^x
Termicamente desafiado	M	19.3 ± 2.50 ^{a,y}	13.4 ± 1.70 ^{b,y}	12.7 ± 1.21 ^{b,y}
Concentração de T4 no plasma				
Não desafiado	F	7.24 ± 0.60	6.80 ± 0.65 ^x	8.00 ± 0.80
Termicamente desafiado	F	10.0 ± 0.84 ^{a,y}	10.45 ± 0.35 ^{a,y}	7.90 ± 0.34 ^b
Concentração de T3 no plasma				
Não desafiado	F	1.90 ± 0.05 ^{a,x}	1.63 ± 0.05 ^{b,x}	1.70 ± 0.04 ^{b,x}
Termicamente desafiado	F	1.20 ± 0.04 ^{a,y}	0.80 ± 0.05 ^{c,y}	1.00 ± 0.06 ^{b,y}
Concentração de Corticosterona no plasma (ng/mL)				
Não desafiado	F	1.65 ± 0.21 ^x	1.40 ± 0.14 ^x	1.70 ± 0.04 ^{b,x}
Termicamente desafiado	F	10.8 ± 1.65 ^{a,y}	5.90 ± 0.92 ^{b,y}	6.38 ± 1.02 ^{b,y}

a,b médias com letras diferentes nas linhas, diferem estatisticamente ($P \leq 0.05$).

x,y médias com letras diferentes nas colunas, diferem estatisticamente ($P \leq 0.05$).

Fonte: Adaptado de Piestun et al. (2008) .

De acordo Willemsen et al. (2010), a queda dos níveis do hormônio T3 no plasma, contribui para uma melhor capacidade termorregulatória, quando a ave é exposta a ambientes quentes. Como esse hormônio está associado ao metabolismo do animal, a diminuição da sua concentração no sangue leva à diminuição da taxa metabólica e, portanto, a uma menor produção de calor pelas aves.

Um perfil de temperatura de incubação que inclua variações de temperatura de curto prazo é altamente relevante para a meta de melhorar o desempenho das aves e pode ser o futuro da incubação comercial (TZSCHENTKE e TATGE, 2013).

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A manipulação da temperatura de incubação pode induzir termotolerância pelas aves, mostrando uma maior eficiência termorregulatória, que pode estender-se até o final da produção dos frangos de corte. No entanto, os efeitos das variações térmicas durante a incubação necessitam ser melhor estudadas, pois algumas dessas variações podem levar a mortalidade embrionária precoce ou tardia, afetando os resultados de eclodibilidade. Pode-se afirmar que o período final do processo de incubação (16° ao 21° dia) é o momento mais adequado para realizar as modificações na temperatura de incubação, fazendo com que as modificações epigenéticas tenham efeito duradouro. Nesta fase, o sistema termorregulatório e os sistemas adaptativos encontram-se melhor desenvolvidos, reduzindo a ocorrência de efeitos colaterais causados pelas manipulações de temperatura.

A manipulação térmica pode apresentar diferentes objetivos, em relação a região onde o frango de corte será criado, podendo induzir melhoria na adaptação a altas/baixas temperaturas ou melhoria na adaptabilidade e desempenho em geral, exigindo diferentes formas de manejo dentro da granja.

Em todos os casos estudados com manipulações à altas temperaturas, foram verificados uma redução significativa na concentração de T3 no plasma, principalmente como consequência da redução da atividade da glândula tireóide.

Pode-se concluir que a MT ao calor e ao frio pode servir como uma ferramenta eficiente para melhorar a aquisição de termotolerância durante a vida pós natal.

Mais estudos devem ser elaborados no intuito de constatar e aprimorar as técnicas de manipulação térmica, melhorando o desempenho posterior das aves submetidas a diversas variações climáticas do ambiente, já que nenhum estudo no Brasil até o presente momento abordou a importância de fazer a estimulação térmica, controlando a temperatura efetiva do embrião e não somente a temperatura da máquina incubadora.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABU-DIEYEH, Z. H. M. Effect of High Temperature *Per se* on Growth Performance of Broilers. **Int. Jornal of Poultry. Science.**, v. 5 (1), p. 19-21, 2006.
- BARBOSA, V. M. Desenvolvimento embrionário. In: BARBOSA, V.M. **Fisiologia da incubação e desenvolvimento embrionário**.1.ed., Belo Horizonte: FEP - MVZ, 2011. 124p. cap. 5 p. 85-124.
- BASTA, D.; TZSCHENTKE, B.; NICHELMANN, M. Temperature guardian neurons in the preoptic area of the hypothalamus. **Brain Research**, 767p. v. 361 p.362, 1997.
- BARBOSA, V. M.; BAIÃO, N. C. Formação e estrutura do ovo incubável. In: BARBOSA, V.M. **Fisiologia da incubação e desenvolvimento embrionário**.1.ed., Belo Horizonte: FEP - MVZ, 2011. 124p. cap. 1 p.03 -09.
- BALINSKY, B. I. An Introduction to Embryology. Philadelphia: **Saunders College Publishing**. 1981. 768p.
- BALNAVE, D. Challenges of Accurately Defining the Nutrient Requirements of Heat Stressed Poultry. **Poultry Science**, v. 83, p. 5–14, 2004.
- BAARENDSE, P.J.J.; DEBONNE, M.; DECUYPERE, E.; KEMP.; BRAND V. B. H. Ontogeny of avian thermoregulation from a neural point of view. **World's Poultry Science Journal**, v. 63 p.267-276, 2007.
- BASTA, D., TZSCHENTKE, B., NICHELMANN, M. Temperature guardian neurons in the preoptic area of the hypothalamus. **Brain Research**, 767p. p.361-362,1997.
- BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. Ambiência em edificações rurais: conforto animal. Viçosa: UFV, 1997. 246p.
- BORGES, S. A.; MAIORKA, A.; SILVA, A.V.F. Fisiologia do estresse calórico e a utilização de eletrólitos em frangos de corte. **Ciência Rural**, Santa Maria., v.33, n.5, p.975-981, 2003.
- BOULANT J. A.; DEAN, J.B. Temperature receptors in the central nervous system. **Annual Review of Physiology**, v.48 p.639, 1986.
- BRAKE, J. P.; MACKLIN K. S.; BERRY, W. D.; ASSOCIATE PROFESSOR; VOITTE, R. A.; HESS, T. A. Chicken Embryo Development. **Alabama Cooperative Extension System**. p. 1, 2011.
- CARSIA, R.V.; HARVEY, S. Adrenals. In: WHITTOW, G.C. (Ed) *Sturkie's Avian Physiology*, Academic Press, California, p. 489-537, 2000.
- CESARIO, M. D. Desenvolvimento embrionário pré e pós postura - períodos críticos. In: MACARI, M.; GONZALES, E.; PATRÍCIO, I. S.; NÄÄS, I. A.; MARTINS, P. C. **Manejo de incubação**.3.ed., Campinas: FACTA, 2013. 465p. cap.1.3 p.47-63.
- COLLIN, A.; BERRI, C.; TESSERAUD, S.; REQUENA RODÓN, F. E.;SKIBA-CASSY, CROCHET, S.; DUCLOS, M. J.; RIDEAU, N.; TONA, K.;BUYSE, J.; BRUGGEMAN, V.; DECUYPERE, E.; PICARD, M.; YAHAV, S.Effects of Thermal Manipulation During Early and Late Embryogenesis on Thermotolerance and Breast Muscle Characteristics in Broiler Chickens. **Poultry Science**, v. 86, p. 795–800, 2007.
- DARRAS, V. M.; GEUTEN, S.V.; KÜHN, E. R. Thyroid hormone metabolism in poultry. **Biotechnol Agron Soc Environ**, v. 4, n. 1, p.13–20, 2000.

DEBONNE, M.; BAARENDSE, P. J.J.; BRAND. V. D H.; KEMP B.; BRUGGEMAN, V.; DECUYPERE, E. Involvement of the hypothalamic- pituitary-thyroid axis and its interaction with the hypothalamic-pituitary-adrenal axis in the ontogeny of avian thermoregulation: a review. **World's Poultry Science Journal**, Vol. 64, p.309-321, 2008.

DECUYPERE, E.; MICHELS, H. Incubation temperature as a management tool: A review. *World's Poult. Sci. J.*, v. 48, p. 28-38, 1984.

DIAS, P. F.; MULLER, Y.M.R. Características do desenvolvimento embrionário de *Gallus Gallus Domesticus*, em temperaturas e períodos diferentes de incubação. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**. v. 35, nº5, p. 233-235. 1998.

EVERAET, N.; DECUYPERE, E. **Fisiologia do embrião**. In: MACARI, M.; GONZALES, E.; PATRÍCIO, I. S.; NÄÄS, I. A.; MARTINS, P. C. Manejo da incubação. 3. Ed., Campinas: FACTA, 2013. 465p. cap. 1.2 p.32- 43.

EYAL-GILADI, H.; KOCHAV, S. From cleavage to primitive streak formation: A complementary normal table and a new look at the first stages of the development of the chick: I. General morphology. **Developmental Biology**, V.49, p. 321-337, 1976.

FIUZA, M.A., LARA, L.J.C., AGUILAR, C.A.L., RIBEIRO, B.R.C., BAIÃO, N.C. Efeito das condições ambientais no período entre a postura e o armazenamento de ovos de matrizes pesadas sobre o rendimento de incubação. **Arquivo Brasileiro de Medicina veterinária e Zootecnia.**, v.58, n.3, p.408-413, 2006.

FURLAN, R.L.; MACARI, M. Termorregulação. In : FURLAN, R.L.; MACARI, M. **Fisiologia Aviária Aplicada a Frangos de Corte**. 2.ed, Jaboticabal: FUNEP, 2008. 375p. cap. 16 p. 209-230.

FREEMAN, B.M. The emergence of the homeothermic-metabolic response in the fowl (*Gallus domesticus*). **Comparative Biochemistry and Physiology**, v.13 p.413-422, 1964.

FREEMAN, B.M.; VINCE, M.A. The nervous system. In: FREEMAN, B.M.; VINCE, M.A. Development of the avian embryo a behavioural and physiological Study. London: **Academic Press**, 1974. 362p.cap.xvii p.763- 722.

GERIS, K.L.; BERGHMAN, L.R.; KÜHN, E.R.; DARRAS, V.M. Pre-and posthatch developmental changes in hypothalamic thyrotropin-releasing hormone and somatostatin concentrations and in circulating growth hormone and thyrotropin levels in the chicken. *Journal of endocrinology*, p. 219-225, 1998.

GILBERT, S. F. *Developmental Biology*. 8.ed. Sunderland: Sinauerr Associates, 2006.

GUAHYBA, A. S. Causas e consequências do estresse na produção comercial de aves. In: IX SEMANA ACADÊMICA DE MEDICINA VETERINÁRIA. Rio Grande do Sul. p. 1 – 28, 2000.

HALEVY, O.; YAHAV, S.; ROZENBOIM I. Enhancement of meat production by environmental manipulations in embryo and Young broilers. *World's Poultry Science Journal*, v. 62, p. 485 – 497, 2006.

HAMBUGER, V.; HAMILTON, H. L. A series of normal stages in the development of the chick embryo. **Journal of Morphology**.v.88, p. 49-92, 1951.

HENSEL, H. Thermoreception and temperature regulation. **Academic Press**, v. 38, p.321, 1981.

- HOLLAND, S.; HOCHERL, J.; BURMEISTER, A.; JANKE, O.; NICHELMANN, M. A method for measuring deep body temperature in avian embryos. **Journal of Thermal Biology**, v. 23, p. 123–129, 1998.
- HULET, R.; GLADYS, G.; HILL, D.; MEIJERHOF, R.; EL SHIEKH, T. Influence of eggshell embryonic incubation temperature and broiler breeder flock age on posthatch growth performance and carcass characteristics. **Poultry Science**, v. 86, p. 408–412, 2007.
- JANKE, O., TZSCHENTKE, B., HOCHERL, J., NICHELMANN, M. .Metabolic responses of chicken and Muscovy duck embryos to high incubation temperatures. **Comparative Biochemistry and Physiology A**, 131:741-750,2002.
- LEANDRO, N. S. M.; GONZALES, E.; VAROLI JÚNIOR, J. C. V.; LODDI, M. M.; TAKITA, T. S. Incubabilidade e Qualidade de Pintos de Ovos Matrizes de Frangos de Corte Submetidos a Estresse de Temperatura. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**. v.2, n.1 Campinas. 2000
- LILLIE, F. R. Development of the chick. 3.ed. New York: **Henry Holt**, 1952. 624p.
- LOH, B.; MAIER, I.; WINAR, A.; JANKE, O.; TZSCHENTKE, B. Prenatal development of epigenetic adaptation processes in poultry: changes in metabolic and neuronal thermoregulatory mechanisms. **Avian and Poultry Biology Reviews**. v. 15, p. 119-128, 2004.
- LORENZ K. Der Kumpan in der umwelt des vogels. **Journal für Ornithologie**, v.83, p. 137 - 213, 1935.
- LOURENS, A.; VAN DER BRAND, H.; MEIJERHOF, R. KEMP, B. Effects of eggshell temperature during incubation on embryo development, hatchability, and posthatch development. **Poultry Science**, v.84, p.914-920, 2005.
- LOURENS, A.; MOLENAAR, R.; VAN DEN BRAND, H. E.; HEETKAMP, M.; J. W.; MEIJERHOF, R.; KEMP, A. Effect of egg size on heat production and the transition of energy from egg to hatchling. **Poultry Science**, v.85, p.770-776, 2006.
- MARCHINI, C.F.P.; SILVA, P.L.; NASCIMENTO, M.R.B.M. et al. Morfometria da mucosa duodenal em frangos de corte submetidos à temperatura ambiente cíclica elevada. **Arquivo Brasileiro Medicina Veterinaria Zootecia**., v.61, n.2, p.491-497, 2009.
- MINNE, B., DECUYPERE, E., 1984. Effects of late prenatal temperatures on some thermoregulatory aspects in young chickens. **Archiv für Experimentelle Veterinärmedizin** 38: 374-383.
- MORAES, M. R. P. T.; VELHO, A. L. M. C. S.; DANTAS S. E. ; NETO J. D. F. Morfofisiologia da reprodução das aves: desenvolvimento embrionário, anatomia e histologia do sistema reprodutor. **Acta Veterinaria Brasilica**, v.6, n.3, p.165-176, 2012.
- MURZENOK, P.; HOLLAND, S.; NICHELMANN M. Study of development of respiration in chicken embryos during internal pipping. III International Workshop Invest. Perinatal. Dev. Birds. p.167–172, 1997.
- NICHELMANN, M.; JANKE, O.; HOCHERL, J.; TSZCHENTKE, B. Development of physiological control systems in avian embryos. *New biomed science*. 15-25p. 2001.
- NICHELMANN, M.; TZSCHENTKE, B. Ontogeny of thermoregulation in precocial birds.

Comparative Biochemistry and Physiology, v. 131, p. 751–763, 2002.

NICHELMANN, M., TZSCHENTKE, B. Thermoregulatory heat production in precocial avian embryos. **Ornis Fennica**, v. 76, p. 177-187, 1999.

NICHELMANN, M.; TZSCHENTKE, B. Efficiency of thermoregulatory control elements in precocial avian embryos (Review). *Avian and Poultry Biology Reviews*, vol. 14, p. 1-19, 2003.

PATTEN, B. M. Establishment of the Germ Layers and Formation of the Primitive Streak. In: **Early embryology of the chick**. 4.ed., London: Lewis, 1950. 244p. cap. 4 p. 46- 69.

PIESTUN, Y.; SHINDER, D.; RUZAL, M.; HALEVY, O.; BRAKE, J.; YAHAV, S. Thermal manipulations during broiler embryogenesis: Effect on the acquisition of thermotolerance. **Poultry Science**, v. 87, p.1516–1525. 2008.

PIERAU F.K.; SANN H.; YAKIMOVA K.S.; HAUG, P. Plasticity of hypothalamic temperature-sensitive neurons. **Progress in Brain Research**, v.115 p.63–84, 1998. Medline

RABELLO, C.B.V. Produção de aves em clima quente. In: ZOOTEC. João Pessoa: UFPB/ABZ. p. 1 - 11, 2008.

ROMANOFF, A. L. The avian embryo. 1 ed. New York: MacMillan Company, 1960. 1305p.

RUTZ F., ANCIUTI, M. A.; XAVIER, E. G.; ROLL, V. F. B.; ROSSI, P. Avanços na fisiologia e desempenho reprodutivo de aves domésticas. *Revista Brasileira Reprodução Animal*, Belo Horizonte, v.31, n.3, p.307-317, 2007

SELLIER, N.; BRILLARD J.P; DUPUY, V.; BAKST, M. R. Comparative Staging of Embryo Development in Chicken, Turkey, Duck, Goose, Guinea Fowl and Japanese Quail Assessed from Five Hours After Fertilization Through Seventy-Two Hours of Incubation. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 15, p. 219 -228, 2006.

SIMON, E.; PIERAU, F. K.; TAYLOR, D. C. M. Central and peripheral thermal control of effectors in homeothermic temperature regulation. **Physiology Review**, v. 66, p.235–300, 1986.

SÉRGIO L. VIERA, POPHAL S. Nutrição Pós-Eclosão de Frangos de Corte. **Revista Brasileira Ciência Avícola** v.2 n.3 Campinas, 2000.

TAZAWA, H.; MIKAMI, T.; YOSHIMOTO, C. Respiratory properties of chicken embryonic blood during development. *Respiration Physiology*, v.13, p.160-170, 1971.

TAZAWA, H.; WHITTOW, G.C.; Incubation physiology. In: *Sturkey's Avian Physiology*, , Fifth edition, **Academic Press**, p.617-634, 2000

TINÔCO, I.F.F. Ambiente e instalações para a avicultura industrial. In: Encontro nacional de técnicos, pesquisadores e educadores de construções rurais, 3, 2009, Poços de Caldas. Anais: Poços de Caldas: **Sociedade Brasileira de Engenharia**. Agrícola, 1998. p.1-86.

TZSCHENTKE, B.; BASTA, D.; JANKE, O.; MAIER, I. Characteristics of early development of body functions and epigenetic adaptation to the environment in poultry: Focused on development of central nervous mechanisms. **Avian and Poultry Biology Reviews**, v.15, p.107–118, 2004.

TZSCHENTKE, B.; BASTA D. Early development of neuronal hypothalamic thermosensitivity in birds: influence of epigenetic temperature adaptation. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A**, v. 131, p.825-832, 2002.

- TZSCHENTKE B. Attainment of thermoregulation and its influence by environmental factors. **Poultry Science**, v. 86, p.1025-1036, 2007.
- TZSCHENTKE, B.; PLAGEMANN, A. Imprinting and critical periods in early development. **World's Poultry Science Journal**, 62p. 626-637, 2006.
- TZSCHENTKE, B.; TATGE, S. Incubação circadiana. “Treinamento térmico” embrionário para a robustez em aves. In: MACARI, M.; GONZALES, E.; PATRÍCIO, I. S.; NÄÄS, I. A.; MARTINS, P. C. **Manejo de incubação**. 3. ed., São Paulo: FACTA, 2013. 465p. cap. 2.4 p. 135-142.
- TZSCHENTKE, B.; HALLE, I. Influence of temperature stimulation during the last 4 days of incubation on secondary sex ratio and later performance in male and female broiler chicks. **British Poultry Science**, v. 50, p. 634-640, 2009.
- TZSCHENTKE, B. Attainment to thermoregulation as affected by environmental factors. **Poultry Science**, v. 86, p.1025–1036, 2007.
- THOMPSON, J.B.; WILSON, H.R.; VOITTE, R.A. Influence of high temperature estress of 16-day embryo on subsequent hatchability. **Poultry Science**. v.55, p.892-894, 1976
- VERÍSSIMO, L. F. Como se formam os ovos? Porto Alegre, jornal Zero Hora, 1999.
- VIEIRA, S.L. POPHAL,S. Nutrição e pós-eclosão em frangos de corte. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**. p.2:189-286, 2000.
- WILLEMSEN, H.; KAMERS B.; DAHLKE, F. et al. High and low temperature manipulation during late incubation: Effects on embryonic development, the hatching process, and metabolism in broilers. **Poultry Science**., v. 89, p. 2678–2690, 2010.
- WEYTJENS, S.; MEIJERHOF, R.; BUYSE, J. et al. Thermoregulation in chicks originating from breeder flocks of two different ages. **J. Appl. Poult. Research**., v. 8, p. 139–145, 1999.
- YAHAV, S.; SASSON, R. R.; SHINDER, D, The effect of thermal manipulations during embryogenesis of broiler chicks (*Gallus gallus domesticus*) on hatchability, body weight and thermoregulation after hatch. **Journal of Thermal Biology**. v. 29, p. 245–250, 2004.
- YAHAV, S. Alleviating heat stress in domestic fowl - Different strategies. **World's Poultry Science Journal**, v. 65 p. 719–732, 2009.
- YALÇIN, S.; SETTAR, P.; OZKAN, S.; CAHANER, A. Comparative evaluation of three commercial broiler stocks in hot versus temperate climates. **Poultry Science**, v. 76, n. 7, p. 921-929, 1997.
- YALÇIN, S.; BRUGGEMAN, V.; BUYSE, J.; DECUYPERE, E.; CABUK, M.; SEGEL, P.B. Acclimation to heat during incubation: 4 Blood hormones and metabolites in broilers exposed to daily high temperatures. **Poultry Science**. v.88, p.2006- 2013, 2009.
- YALÇIN, S.; OZKAN, S.; ÇABUK, M. et al. Pre- and Postnatal Conditioning Induced Thermotolerance on Body Weight, Physiological Responses and Relative Asymmetry of Broilers Originating from Young and Old Breeder Flocks. **Poultry Science**, v. 84, p. 967–976, 2005.